



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

조경학석사학위논문

우수유출저감기법을 활용한
상습침수유역 설계

Design for Flood Prone Watershed
Utilizing Runoff Reduction Method

2014년 8월

서울대학교 환경대학원

환경조경학과

이 슬

국문초록

동두천은 상습 침수 피해지역으로 집중강우시기 도시지역의 침수피해가 반복적으로 보고되어왔고 최근에는 기후변화로 인한 강수량이 증가하여 그 피해정도가 해마다 증가하고 있다. 이러한 상황에서 5년 또는 10년 재현주기의 강수량에 맞추어 설계된 합류식 하수관망으로는 도시방재 목표치인 100년 주기의 강수량은 물론 최근 발생빈도가 증가하고 있는 20년, 30년 주기의 강수량을 수용하기에도 턱없이 부족하다. 또한 합류식 하수관망 위주의 중앙처리방식의 한계로 인해 발생하는 예기치 못한 막힘현상이나 만관현상에 대비할 수 있는 차선택이 없어서 침수 피해를 더욱 확대시키고 있는 실정이다.

이러한 상황에 대응하여 환경부는 SAFE프로젝트로 지칭되는 대규모 침수대책사업을 발표하였고, 이와 비슷한 맥락에서 동두천시는 기존의 배수계통의 용량을 늘려 앞으로의 침수위험에 대비하고자 한다. 하지만 빗물받이의 크기 확대나 하수관 크기 확장, 펌프장 추가 설비 등의 기존 방식들은 지속적인 대응책이 될 수 없다는 한계점을 가진다. 따라서 기술적 방법을 중요시한 기존의 접근법에서 나아가 도시설계측면에서 광범위하게 지표면의 상태를 설계함으로써 자연배수능력을 향상시키고 기존의 배수체계를 보조하는 제 2의 배수계통의 역할을 하는 조경 및 도시설계안을 연구한다.

수정된 합리식(Modified Rational Method)을 통한 유역전반의 지표유출수의 발생패턴과 자연적 특성에 대한 이해를 바탕으로 자연배수효과를 극대화하는 Bio-corridor를 제안하는데, 이는 도시의 지표면을 적극적으로 활용한 설계방안으로 도시설계 측면의 비전과

변화양상이 함께 다루어진다. 즉, 장기간에 걸쳐 전략적으로 이행될 수 있는 6개의 단계의 전략을 땅기(Braiding), 새로운 축 만들기(New axis), 이어 붙이기(Stitching), 두텁게 하기(Thickening). 상호작용하는 조직 만들기(Networking), 분산시키기(Decentralizing)로 구성, 구체적인 설계안에 있어서는 상류, 중류, 하류의 서로 다른 조건에 따라 적용되는 전략의 조합 방식과 작동하는 방식에서의 특성을 서로 달리 하였다.

상류의 경우, 산지에서 시작한 유출수의 지류가 면상류 발생 범위에서 만나는 지점이므로 지류들이 분산된 흐름을 유지하고, 또 저류와 퇴적물 조절의 효과를 동시에 거둘 수 있도록 기존의 마을 구조와 보행로의 형태를 보완, 수정한 새로운 마을구조를 설계하였으며 기존 전답지의 홍수조절기능을 함께 보존하고자 하였다. 이는 고지대로부터 흘러내려오는 유출수의 양과 속도를 조절하기 위한 방안에 집중한 중류와는 서로 다른 특성을 보인다. 반면 하류에 해당하는 부분은 상류와 중류에서 흘러들어오는 유출수 뿐만 아니라 하류에서 발생하는 역류현상을 함께 다루어 3단계에 걸친 지표유출수 수용 계획을 설계로 반영하였다.

제안하는 설계안은 우수저감기법을 도시설계의 해석한 안으로 기존우수처리 시스템을 효율을 높일 수 있도록 보조하는 역할을 한다. 이는 예상되는 최악의 홍수량을 모두 소화할 수 있는 규모의 저류용량을 확보할 수 있을 뿐만 아니라 도시경관의 측면에서 제공하는 이점과 공원으로서의 활용도를 높인 종합적인 방안이다. 이를 시행할 경우 장기간에 걸친 계획으로 대규모의 사업이 될 수 있지만 지속가능한 그린 인프라스트럭처로 기능하여 단순히 하수관의 규모를 늘리거나 펌프장을 증설하는 방식으로는 얻을 수 없는 도시조직

재정비의 효과 및 경관조성의 효과를 기대할 수 있다.

■ 주요어 : 상습침수지역, 분산식 우수관리 시스템, Bio-corridor, 자연배수, 우수유출저감기법, 도시설계

■ 학번: 2011-23948

목 차

제1장 서론	1
제1절 계획의 배경 및 목적	1
1. 계획의 배경	1
2. 계획의 목적	3
제2절 계획의 범위	4
1. 공간적 범위	4
2. 내용적 범위	5
제3절 계획의 진행과정 및 방법	6
제2장 이론적 고찰 및 사례연구	8
제1절 이론적 고찰	8
1. 도시지역 침수의 원인	8
2. 우수유출 저감기법	10
3. 우수유출량 산출방법 및 저감시설 크기 산정방법	23
제2절 사례연구	31
1. 비산 양 모키오 공원	31
2. 프레리 워터웨이 스톱워터 공원	32
3. 소결	33
제3장 계획조건의 해석	34
제1절 대상지 위치 및 개요	34
1. 대상지 개요	34

2. 대상지 현황	39
3. 대상지의 침수대책사업 현황	42
제2절 대상지 분석	44
1. 지표유출수 분석	44
2. 수계 분석	70
3. 토양 분석	72
4. 소결	75
 제4장 우수유출 저감 계획 및 설계	78
제1절 우수유출 저감 설계의 기본계획	78
1. 계획의 방향	78
2. 기본계획	80
3. 소결	88
제2절 우수유출 저감 설계	90
1. 공간유형에 따른 우수유출 저감 설계	90
2. 지표유출수 저감효과 분석	113
3. 종합계획도	115
 제5장 결론	116
 참고문헌	118
부록	121
Abstract	154

표 목차

[표1-1] 연구의 방향 및 진행순서	7
[표2-1] 토지피복도별 기초유출계수의 표준값	25
[표2-2] 토지이용도별 총괄유출계수의 범위	26
[표2-3] 토지이용도별 기초유출계수	26
[표2-4] 설계 대상지의 강우강도 그래프	29
[표2-5] 선행강우지수	30
[표 3-1] 유역 4의 침수방지 사업계획 개요	43
[표 3-2] 토지피복분류	46
[표 3-3] 유출계수에 따른 면적(A)	47
[표 3-4] 지면배수와 수로배수 영역 분류	54
[표 3-5] 소유역별 수로배수 유달시간	55
[표 3-6] 지면배수 유역 유달시간	56
[표 3-7] 재현기간 100년 기준 예상 강우량과 도시방재성능목표 비교 ..	58
[표 3-8] 강우강도 그래프	59
[표 3-9] 강우강도 표	59
[표 3-10] 강우강도 적용을 위한 구역별 유달시간	61
[표 3-11] 지표유출수 분석결과	63
[표 3-12] 수식에 근거한 우수저류시설 최대용량	65
[표 3-13] 구역 1과 구역 2에 요구되는 우수저류시설의 용량	66
[표 3-14] 토양입자에 따른 분류 기준표	72
[표4-1] 계획의 방향	79
[표4-2] 우수 저감 효율 분석표	114

그림 목차

[그림 1-1] SAFE 프로젝트의 개요	1
[그림 1-2] 연구의 공간적 범위	4
[그림 2-1] 불투수면 증가에 따른 수순환 시스템의 변화	9
[그림 2-2] 저류연못의 평면구조	12
[그림 2-2] 저류연못의 단면구조	13
[그림 2-3] 임시저류조의 평면구조	15
[그림 2-4] 임시저류조의 단면구조	16
[그림 2-5] 투수형 저류조의 단면구조	17
[그림 2-6] 투수형 저류조의 평면구조	18
[그림 2-7] 퇴적물포집장치의 설계응용 예	19
[그림 2-8] 침투 트렌치의 구조	21
[그림 2-9] 투수형 포장 방식의 단면 구조	22
[그림 2-10] 투수형 포장재 종류	23
[그림 2-11] 합리적 방식에 의한 지표유출수속도 그래프의 예	24
[그림 2-12] 유역의 구성 원리	27
[그림 2-13] 유역해석지점의 설정	28
[그림 2-14] 수정된 합리식에 의한 지표유출수속도 그래프	30
[그림 3-1] 대상지 유역의 광역 위치도	34
[그림 3-2] 대상지 유역의 토지피복현황	35
[그림 3-3] 고지배수로로 지표유출수가 유입되는 경로	36
[그림 3-4] 지류에 의해 세분화한 고지배수유역	36
[그림 3-5] 유역구분도 및 배수시설 위치도	37
[그림 3-6] 하수관망이 불능일 경우 면상류 발생방식	38

[그림 3-7] 고지배수가 만관일 때 지표유출수가 저지대 하수관망에 유입되는 방식	38
[그림 3-8] 대상지 현황	39
[그림 3-9] 대상지 현황 분석	40
[그림 3-10] 대상지 공지 현황A	41
[그림 3-11] 대상지 공지 현황B	41
[그림 3-12] 산지 경계 수로	41
[그림 3-13] 상류 배수로	41
[그림 3-14] 지표면 배수로	41
[그림 3-15] 대상지내 진행중인 침수방지사업 위치도	42
[그림 3-16] 집중강우시 고지배수로로 유입된 토사의 흔적	44
[그림 3-17] 토지피복현황	46
[그림 3-18] 유출계수에 따른 지표유출수 발생 정도	50
[그림 3-19] 지면배수와 수로배수 영역 분류	54
[그림 3-20] 수로배수 유역	55
[그림 3-21] 지면배수 유역의 지면상태 분류	56
[그림 3-22] 수로배수 영역의 지표유출수 유입방식	53
[그림 3-23] 강우강도 적용을 위한 구역 분류	61
[그림 3-24] 지표유출수 발생 예상도	65
[그림 3-25] 펌프장 수용량을 제외한 지표유출수 발생 예상도	66
[그림 3-26] 발생순서에 따른 수계 분류	71
[그림 3-27] 2~4번 수계의 형태	71
[그림 3-28] 수계의 분류	70
[그림 3-29] 토양입자에 따른 토양종류 구분도	73
[그림 3-30] 토양종류에 따른 배수능력	74
[그림 3-31] 배수능력에 따른 유역분석	74
[그림 3-32] 면상류 발생범위와 불투수면	75

[그림 3-33] 면상류 발생범위 분석	76
[그림 4-1] Bio-corridor의 컨셉	78
[그림 4-2] Braiding	80
[그림 4-3] New Axis 와 Node	81
[그림 4-4] New Axis와 Node의 설계전략	82
[그림 4-5] Stitching	83
[그림 4-6] Stitching의 작동방식	84
[그림 4-7] Thickening	85
[그림 4-8] Networking	86
[그림 4-9] 트렌치 설계 시 요구되는 경사 방향	86
[그림 4-10] Decentralizing	87
[그림 4-11] 기본계획에 따른 설계기법	89
[그림 4-12] 설계를 위한 구역 구분	90
[그림 4-13] 세부 설계 전략	91
[그림 4-14] 상류 현황	93
[그림 4-15] 지표유출수 발생량	93
[그림 4-16] 상류 설계 전략	93
[그림 4-17] 상류 배치도	94
[그림 4-18] 집중강우시 상류의 우수흐름	94
[그림 4-19] 공간 구성 방식	95
[그림 4-20] 투수성 임시저류지의 구성	96
[그림 4-21] 우수 배출 조절 장치의 구성	97
[그림 4-22] 상류 단면도 A-A'	98
[그림 4-23] 상류 단면도 A-A' 세부 1	98
[그림 4-24] 상류 단면도 A-A' 세부 2	98
[그림 4-25] 투수형 임시저류지 투수도	99

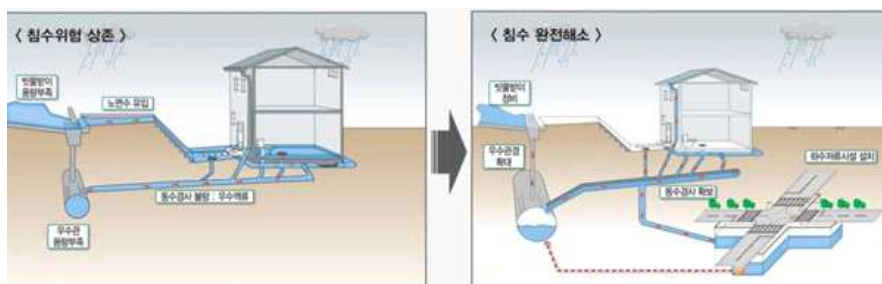
[그림 4-26] 중류 현황	102
[그림 4-27] 중류 지표유출수 발생량	102
[그림 4-28] 중류 설계전략	102
[그림 4-29] 중류 배치도	103
[그림 4-30] 집중강우시 중류의 우수흐름	103
[그림 4-31] 중류 단면도 A-A'	104
[그림 4-32] 중류 단면도 A-A' 세부	104
[그림 4-33] 중류 단면도 B-B'	105
[그림 4-34] 중류 단면도 B-B' 세부	105
[그림 4-35] 하류 현황	108
[그림 4-36] 하류 지표유출수 발생량	108
[그림 4-37] 하류 설계 전략	108
[그림 4-38] 하류 배치도	109
[그림 4-39] 집중강우시 하류의 우수흐름	109
[그림 4-40] 임시저류 비오톱: 단면도 A-A'	110
[그림 4-41] 임시저류 비오톱: 단면도 A-A' 세부	110
[그림 4-42] 비오톱 트렌치: 단면도 B-B'	111
[그림 4-43] 비오톱 트렌치: 단면도 B-B' 세부	111
[그림 4-44] 생태 저류 수로 단면도 C-C'	112
[그림 4-45] 생태 저류 수로 단면도 C-C' 세부	112
[그림 4-46] 종합 계획도	115

제1장 서론

제1절 계획의 배경 및 목적

1. 계획의 배경

수년간 시행해온 수방대책에도 불구하고 도시화의 진행에 따른 불투수면의 급증과 기후 변화로 인한 강우량의 증가로 도시 저지대의 침수 위험도는 매년 상승하고 있다. 특히 2000년 이후 30년 또는 50년 빈도를 초과하는 강우의 발생 횟수가 1980년대에 비해서 5배 이상 증가¹⁾했으며, 최근에는 서울시 유동인구가 가장 많은 곳 중 하나인 강남역과 광화문일대를 침수시키기에 이르러 과거 토목공학 분야에 국한되어 있었던 도시지역의 침수문제가 조경과 도시설계 분야에서도 중요한 이슈로 떠오르게 되었다.



[그림 1-1] SAFE 프로젝트의 개요

자료: 워터저널(2012)

체계적 대비 방안 마련의 필요성을 느낀 환경부는 2012년 SAFE 프로젝트를 발표하였다. 이는 주로 우수관 및 빗물펌프장의 신설과

- 1) “환경부, 도시침수 SAFE 프로젝트 마련”, 『워터저널』(2012년 2월 1일)
- 2) “하수도성능을 강화하여(Sewer Performance Advancement), 도시침수를 예방하고(Fighting against Urban Flooding), 공공복지를 향상한다(Enhancement of Public Welfare)” 는 추진사업의 목표를 이름으로 함축하고 있다.

기존 관망정비만으로 수용이 불가능한 양의 지표유출수를 지하의 대형 저류조를 매설하는 방식을 제안한다.

[그림1-1]에서 설명하는 바와 같이 이 사업이 지적하는 도시지역 침수의 주된 원인은 통수 경사도가 충분하지 못한 기존 하수관망, 용량 미달의 우수관경 및 빗물받이이며 이로 인해 집중강우시의 유출수를 모두 소화하지 못하여 발생하는 역류현상을 지적한다. 하지만 연구 대상지인 동두천시를 사례로 들어 과거 홍수발생 과정을 검토해보면 하수관의 용량 미달의 문제 이외에도 유출수가 지표면에서 하수관으로 흘러들어가는 과정에서 함께 유입되는 이물질에 의한 막힘 현상이 침수의 중요한 원인으로 작용하였고 기존 배수 시스템에 문제가 생겼을 때 보조적으로 우수배출의 역할을 맡을 수 있는 제 2의 배수방식이 없었기 때문에 침수의 피해규모를 확대시켰음을 알 수 있다.

즉, 도시지역에서 홍수가 발생하는 원인은 단순히 부족한 용량을 확보하는 것만으로 해결될 수 있는 것이 아니라 유역전반의 지표면 상태에 기인한 다각도의 접근방식이 요구된다. 하지만 SAFE 프로젝트가 제안하는 방식은 1차적인 접근에 머무르는 경향이 있으며, 저류조 설치방식 또한 또 다른 형태의 중앙 집중식 처리방식으로 다루어져, 도시 곳곳에 산재해 있는 침수의 공간적 문제에 유연하게 대응하기보다 유출수의 물리적 양에만 초점을 맞추고 있기 때문에 지속성을 띠는 대안이 되기 어렵다. 설령 제안하는 방식대로 우수관경 확대와 지하 저류조 확보가 중심이 되는 사업이 진행 된다고 해도 결국 이 사업은 도로와 주변의 환경을 전체적으로 재구성하는 대규모의 사업이 될 수밖에 없으므로 도시공간을 어떻게 조직 할 것인가에 대한 연구가 필수적으로 요구된다.

2. 계획의 목적

현재 진행되는 침수 대책 방안에서 생략된 부분인 조정 및 도시 설계 영역을 분산식 우수처리방식과 연계, 장기적으로 지속가능한 우수유출저감 설계안으로 제안하는 것을 목적으로 한다.

홍수가 일어나는 복합적 원인에 다양한 방식으로 대응할 수 있는 분산식 우수 처리방식은, 지하에 암거되는 관이나 펌프장만으로 해결하는 하는 방법이 아니라 주어진 지표면을 어떠한 형태로 관리하는지가 관건이다. 이는 기존 합류식 배수계통과 함께 작동하는 부가적인 배수방식 설계이자 기술적인 접근만으로는 기대할 수 없는 공간조성에 의한 효과, 도시공간의 활기를 제공하고 도시민의 스트레스를 저감하는 경관조성의 효과를 유도 할 수 있다.

최근 이러한 측면의 설계 연구가 다양하게 이루어지고 있지만 주제의 특성상 수리수문계통의 전문적 분야로 연계되어 조정설계자가 독립적으로 현실성 있는 설계안을 제안하기 어려운 부분이 있다. 하지만 설계자가 직접 유역 분석의 과정을 거칠 경우, 정확도 부분에서는 미흡한 점이 있더라도 설계과정에서 필요한 유역 전반에 대한 정보 습득 및 심도 있는 이해가 가능하게 되며, 설계의 방향을 설정하는 근거를 찾을 수 있을 뿐만 아니라 설계의 진행상태에 따라 1차적으로 얻어진 값을 설계자 스스로 재조정할 수 있는 자율성을 가질 수 있다.

따라서 이 연구에서는 조정설계에서 요구되는 수준의 공학적 산출방식을 토대로 대상지에서 발생하는 지표유출수의 양을 이해하는 기초 작업을 직접 수행하고 그 결과를 바탕으로 현실성 있는 설계안을 제안하는 것을 목표로 한다.

제2절 계획의 범위

1. 공간적 범위



[그림 1-2] 연구의 공간적 범위

설계대상지가 포함되는 유역은 합류식 하수관이 정비되어 있는 지역으로서 현재 분류식 우수관을 신설중인 소요산 일대와 이미 분류식 설비를 갖추고 있거나 앞으로 정비계획이 수립되어있는 상패동 사이에 위치한다.

이 중에서 설계 대상지에 해당하는 영역은 전체 유역을 5분할 하였을 때 유역 4에 해당하는 영역으로 고지배수로의 위치와 유역

내부의 산지 능선에 의해 분할된다. 이 연구에서 설계안을 제안하는 것은 유역 4에 한정되지만 다른 4개의 유역의 배수환경과 주변 환경이 흡사하므로, 제안하는 설계안을 다른 유역에도 적용할 수 있을 것으로 예상된다.

2. 내용적 범위

지표유출수의 양을 산출하기 위한 다양한 방법이 활용되고 있고 새로운 수식 개발에 대한 연구 또한 활발하지만 이 연구에서 사용할 계산식 선택을 위한 판단근거를 국내에서 활용도가 높은 수정된 합리적 방법(Modified Rational Method)을 차용함으로써 지표유출수량 해석방법에 대한 검증의 과정을 생략하고, 수식을 통해 산출된 값을 기초로 한 구체적인 침수대응 도시설계안을 제안하는 것에 연구를 주안점으로 둔다. 이는 대상지에서 요구되는 시설의 용량과 위치선정에 그치는 것이 아닌 공간적 맥락, 제공되는 프로그램, 경관을 고려한 구체적인 공간의 계획안을 포함하여 연구의 범위를 관련 공학 분야로 부터 구분하고 공간의 질을 향상하는 부분에서의 목적을 함께 가진다.

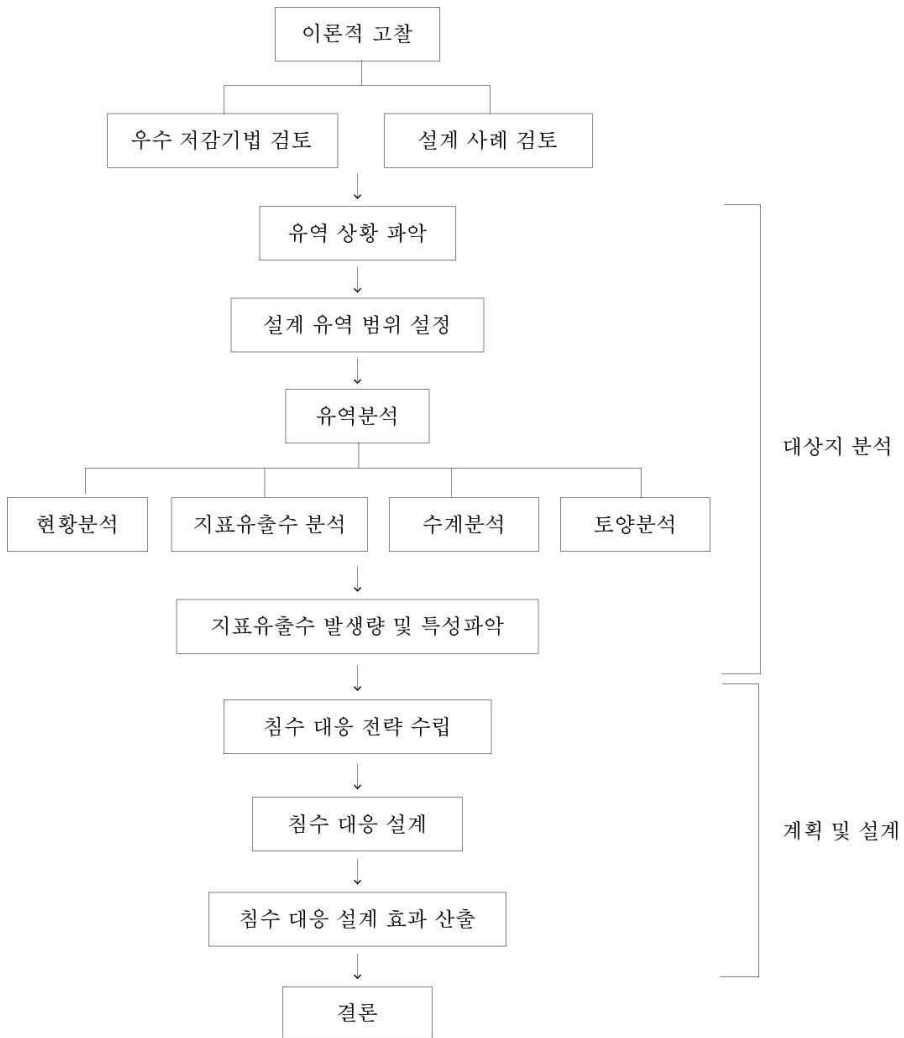
제3절 계획의 진행과정 및 방법

연구대상지 일대에 적절한 도시공간을 조성하기위한 연구와 침수방지를 위해 대상지 내에서 처리해야하는 적정 지표유출수의 양에 관한 연구가 함께 이루어진다. 따라서 우수저감 설계기법에 대한 분석이 선행되고 사례연구를 통해서는 우수유출저감에 효과적인 이론적 기법들을 도시공간을 조성에 응용하는 방식을 검토한다.

대상지 분석 단계에서 대상지역에서 발생하는 지표유출수의 양과 수계, 토양의 상태에 대해 분석하고 가능한 침수대응 전략을 모색한다. 동시에 제안하는 방안이 대상지에 적용되었을 경우 가지게 될 오픈스페이스로서 가치를 함께 고려하여 구체적인 설계방안을 수립한다.

마지막으로 완성된 설계안은 발생 가능한 최대 지표 유출수의 양에 맞추어 규모를 설정하고 그에 따른 홍수량 저감 효과를 계산, 결론단계에서 제안한 설계안의 한계점과 요구되는 조건을 밝혀 후속연구의 방향을 제안한다.

[표 1-1] 연구의 방향 및 진행순서



제2장 이론적 고찰 및 사례연구

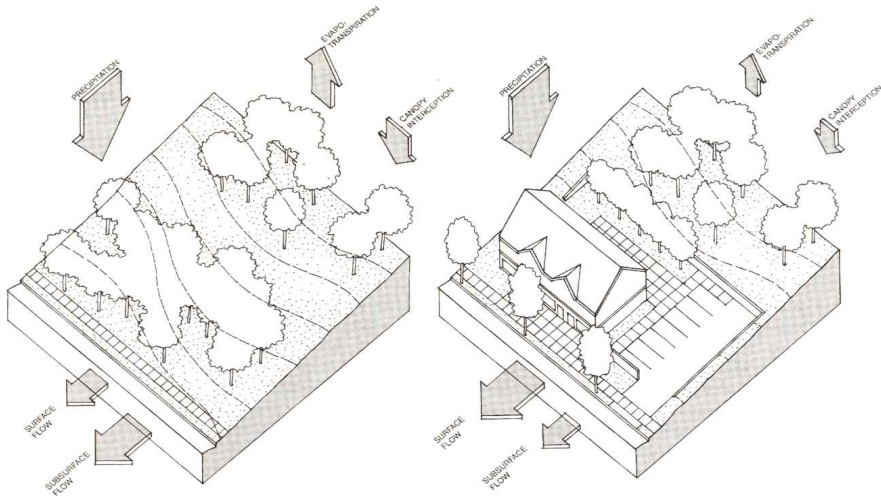
제1절 이론적 고찰

1. 도시지역 침수의 원인

도시지역의 침수는 주로 지면 위를 흐르는 지표유출수(run off) 관리가 적절하지 못할 때 발생한다. 이는 인간 생활방식의 변화에 따른 공간의 인위적인 변화를 기존 시스템이 충분히 소화하지 못할 때 일어나는 현상으로 주로 내수침수의 형태로 발생한다.

도시가 개발되기 이전의 자연적 조건에서는 자연 고유의 수순환 시스템에 의해 지표유출수의 양이 관리되어 왔다. 주로 지표면이 가진 마찰력이 빗물이 흘러가는 속도를 늦추고 토양의 투수율을 높여 지면으로 흘러나가는 빗물의 양보다 지하로 흡수되어 지하수에 보충되는 양이 더 많았다. 하지만 도시화가 진행되면서 평평하고 매끈하게 다듬어진 지면은 투수가 불가능한 면적을 확대했을 뿐만 아니라 빗물의 유속을 증가시키는 역할을 해서 지표유출수의 발생에 가속도를 붙이는 기능을 한다. 빠른 속도로 빗물이 지표를 흘러갈 경우, 포장되지 않은 노면을 만나게 되더라도 토양에 흡수되는 양이 적어서 결과적으로 지표유출수량의 증가로 이어진다.

문제는 이러한 도시화 현상이 과거의 일정 지점에서 멈춘 것이 아니라 현재 계속해서 진행 중이므로 해가 거듭될수록 지표유출수량은 증가할 예정이라는 점이다. 기후변화에 의한 강수량 증가현상도 관측되고 있는데 최근의 강우 양상을 보면 30년 빈도를 초과하거나 50년 빈도가 초과하는 횟수가 지난 80년대에 비해서 5배 이상 증가했으며, 앞으로 증가될 강우량은 2100년 기준으로 현재보다 22%가 더 증가할 것으로 예측된다.³⁾



[그림 2-1] 불투수면 증가에 따른 수순환 시스템의 변화

자료: Steven Strom, Kurt Nathan, Jake Woland (2010)

도시화와 기후변화에 의한 지표유출수량 증가가 불가피한 현상이라면 현상을 수용할 수 있는 빗물관리 시스템이 갖추어져 있어야 하지만 기존의 배수시설은 이미 현재의 강우상황 수용능력이 미달된 상태이기 때문에 도시지역의 침수가 발생하게 되었다.

3) “환경부, 도시침수 SAFE 프로젝트 마련”, 『위터저널』 (2012년 2월 1일)

2. 우수유출 저감기법

도시지역의 홍수에 대응하는 우수유출 저감기법은 크게 3가지 방향으로 분류된다.

첫째, 수순환에 도움을 주는 기존의 환경적 요소들을 보호하여 자연적 홍수조절 능력을 향상한다. 보호가 필요한 요소들에는 자연적으로 형성된 수계의 원류(head stream)가 발생하는 경로, 최종 목적지에 도달하는 과정에서 형성하는 물의 흐름, 지형적으로 함몰되어 물이 고이는 영역, 범람원, 습지가 있다. 자연 식생을 가능하면 줄이지 않는 방향을 지향해야 하지만 도시지역 내 농업활동을 위해 조성한 대지들도 침수예방에 도움이 되는 습지의 역할을 하기도 하므로 가능한 확보한다.

둘째, 도시지역의 불투수면을 가능한 줄이는 방법이 있다. 이 방법에는 직접적으로 포장된 바닥면을 투수 가능한 소재로 바꾸거나 도시 내 공원 면적을 늘리는 방법, 우수를 모아서 활용 가능한 옥상정원(green roof)도 포함된다.

첫째와 두번째 방식은 기존환경에 영향을 가능한 적게 주는 방식이지만 규모가 큰 강우에 대비하기 위한 수용량 확보가 부족하기 때문에 저류가 필요한 용량을 소화하는 우수저감 시설이 필요하다.

따라서 세 번째 방법인 저류기능을 가진 우수저감 시설을 이용한 지표유출수 양의 조절이 필요하다. 우수저감시설의 기본원리는 단위 시간당 빗물이 흘러나가는 속도와 양을 감소시켜 결과적으로 지표유출수의 침투유량을 줄이는 것이다. 이는 해당하는 영역에 할당된 일정한 양의 빗물을 분산식으로 처리하는 시스템이 해당유역 전반에 갖춰져 있을 때 의도한 지표유출수 저감 효과가 극대화된다.

구체적인 설계 기법은 크게 3가지로 분류된다. 첫째, 영구적으로

물이 항상 차있는 저류지를 조성하는 방법(Retention pond). 둘째, 순간적으로 빗물의 양이 많을 때 잠시 물을 가두어서 모았다가 서서히 흘려보내는 방법(Detention Facility). 셋째, 빗물이 지면을 지나갈 때 순간적으로 흡수되는 정도를 높이는 동시에 일부 저류시켜 서서히 배출하는 방법(Infiltration facility) 있으며 각 기법들이 효율적으로 작동하기 위해서는 요구되는 최소한의 규모와 갖추어야 할 구성요소들을 지켜서 설계하는 것이 중요하지만 다양한 복합형으로 응용하여 설계가 가능하고 형태 또한 설계 대상지의 조건에 따라 여러 가지 형태로 변형하여 사용할 수 있다.

(1) 저류연못(retention pond)

영구적인 저류지로서 wet pond라고도 불리는 저류연못(retention pond)은 우수유출의 억제 기능 이외에도 우수가 지표면을 흐르면서 옮아온 오염도를 제거하는 역할, 미적요소 부여 등으로 전반적인 공간적 질을 높여 주변 부동산 가치를 상승시키는 효과를 가져 오기도 한다.

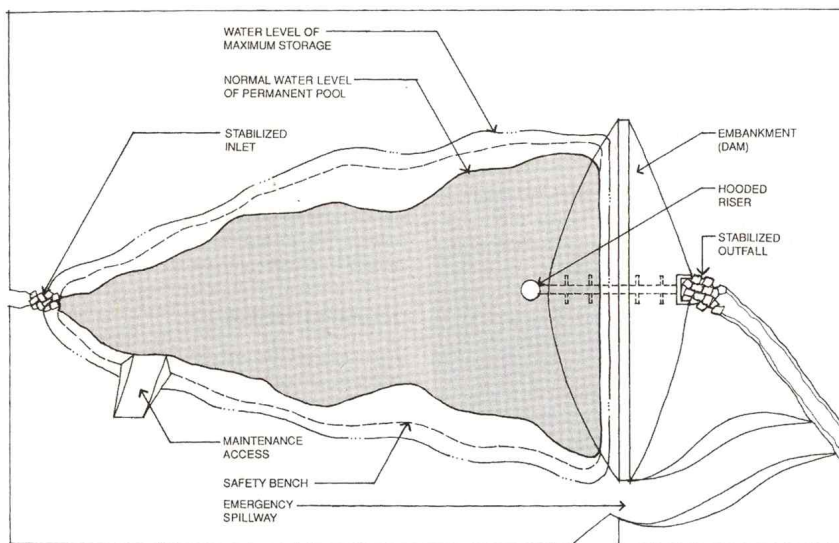
따라서 저류연못 설계 시 주변 환경과 조화를 이루는 형태와 크기, 깊이, 뿐만 아니라 물의 흐름에 의해 시간이 흐르면서 발생하는 자연적인 변화과정 및 연못의 생태시스템 또한 고려해야 한다.

설계 시 우선적으로 고려해야 할 점은 물이 유입되는 지점과 유출되는 지점의 거리를 최대한으로 확보하는 것이다. 이는 침전물과 오염물질들이 가라앉는 시간을 벌어주는 역할을 한다. 이 때 최소한으로 요구되는 길이의 폭의 비율은 3:1⁴⁾이다. 만약 이 비율이 공간

4) Steven Strom, 외 2인, *Site engineering for landscape architects* (John Wiley & Sons, 2010), p. 165.

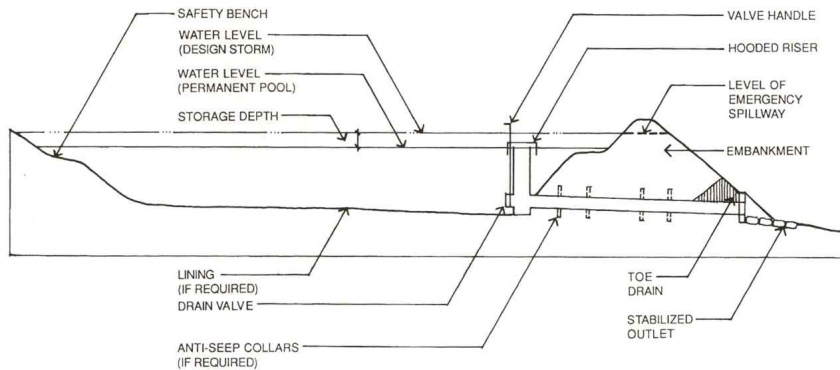
규모의 물리적 제한으로 확보되지 못한다면 물의 흐름을 분산시키는 방해요소(baffle)를 물의 유입점과 유출점 사이, 물이 흘러가는 경로에 사용하면 물이 이동하는 거리를 늘리는 효과를 볼 수 있다.

연못의 형태는 물의 흐름을 따라 자연스럽게 확장되는 형태를 사용한다. 물이 연못으로 유입되면 사방으로 물이 퍼져나가면서 원래 연못에 있었던 물을 밀어내는데 이러한 물의 움직임을 연못의 형태에 반영하여 연못 안에서 물이 고여서 도는 사각지대를 없애는데 목적이 있다. 일반적으로 복잡하고 불규칙적인 자연적 형태가 선호되는데 이는 보다 자연적인 경관을 제공할 뿐만 아니라 연못의 자정효과를 극대화하고 연못으로 인해 발생된 수생환경의 증진의 기능을 한다.



[그림 2-2] 저류연못의 평면구조

자료: Steven Strom, Kurt Nathan, Jake Woland (2010)



[그림 2-2] 저류연못의 단면 구조

자료: Steven Strom, Kurt Nathan, Jake Woland (2010)

저류연못 깊이는 기본적으로 1.2-2.4m⁵⁾가 요구되는데, 만약 깊이가 1.2m에 못 미치게 되면 수용된 물의 온도가 올라가거나 수면의 움직임에 영향은 받아 침전된 퇴적물들이 다시 부유하게 되는 현상이 발생한다.

수면위로 드러난 연못의 여유 공간은 안전사고 방지차원에서 물에서부터 최소 3m 폭에 깊이는 0.3m가 요구되고⁶⁾ 지하수층이 연못과 가까운 경우에는 지하수의 오염을 방지하기 위해 지하수면의 높이가 가장 높은 시기의 값을 기준으로 해서 연못의 깊이가 기준선을 침범하지 않도록 한다.

(2) 임시저류시설(detention basin)

Dry basin 이라고도 불리는 임시저류시설은 침투유출량을 줄이기 위해 일시적으로 빗물을 가두는 역할을 한다. 이 시설에서 물이 빠

5) Steven Strom, 외 2인, *Site engineering for landscape architects* (John Wiley & Sons, 2010), p. 165.

6) 같은 책, p. 165

져나가는 속도와 양은 계획대상지가 개발되기 이전에 조건에서의 유출속도와 양보다 낮게 계획하는 것을 원칙으로 하며, 유속과 유량의 산정은 시설에 물이 가득 찬 상태에서부터 물이 완전히 빠져나간 시점까지를 시간을 기준으로 한다.

이러한 기능적 특성으로 임시저류시설은 범람원이나 그 주변에 위치한 개발대상지의 홍수위험을 줄이는 데에 효과적인 시설이다. 그래서 침수위험이 높은 하천주변 지역을 계획할 때 임시저류시설에 대한 계획은 빠질 수 없는 요소로 설계에 포함된다.

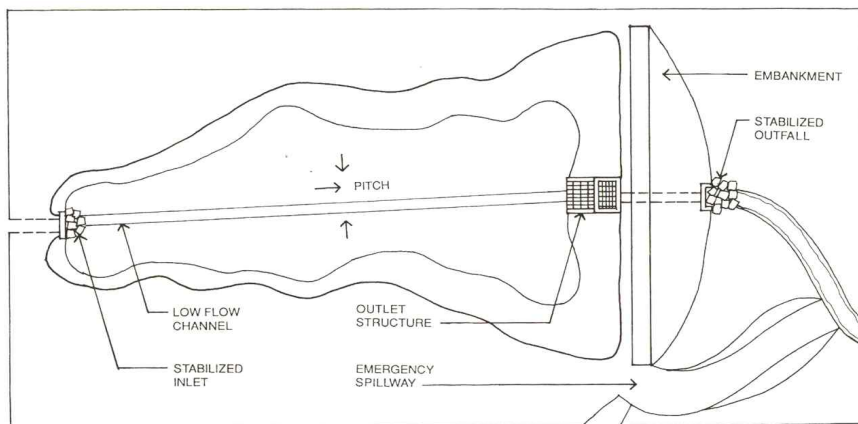
임시 저류시설은 영구적 저류연못과 설계방식은 흡사하나 저류를 통한 빗물의 정화효과를 기대하기 어렵다. 하지만 임시저류시설의 경우에는 항상 물이 채워져 있어야 할 큰 공간이 필요한 것이 아니기 때문에 어떤 곳이나 다양한 방식으로 설계될 수 있는 장점이 있다. 따라서 저류용도 이외의 다른 프로그램이 설계 시 함께 고려되어야 한다. 잔디밭이나 놀이터, 주차장, 광장 등의 옥외공간에서 다양한 방식으로 설계되는데 이처럼 다양한 프로그램이 동시에 요구되는 공간은 고이는 물 방지와 포화토(saturated soil)의 발생을 최소로 하는 대책이 함께 설계되어야한다.

이 대책에는 저수로(Low flow channel)의 이용, 주 저류지와 분리된 상류의 침사지(Sediment basin)설계, 특히 놀이나 운동 같은 활동이 빈번하게 일어나는 공간을 항상 건조된 상태로 유지하기 위한 보조적인 지하배수시스템, 유지관리를 위해 시설물 접근이 쉬운 공간구성 등을 포함한다.

임시저류시설 설계 시 길이와 폭의 비율은 저류연못을 설계할 경우와 비교해서 크게 중요하지 않다. 하지만 물이 흐르는 방향을 향하여 넓게 퍼져가는 형태와 우수 유입로와 유출로 사이의 거리를

최대한으로 확보는 여전히 필수적이라고 할 수 있다. 이 때 저류조 측면의 경사면의 각도는 3:1를 넘지 않도록 하고 바닥의 경사면은 최소 2%를 넘도록 하여 원활한 물의 빠짐을 유도하여야하고 물이 진입하는 부분은 최소 3m 폭에 5:1이하의 경사도가 요구되는데 이는 유지장치 설치를 위한 공간확보에 필요한 최소 조건이다.⁷⁾

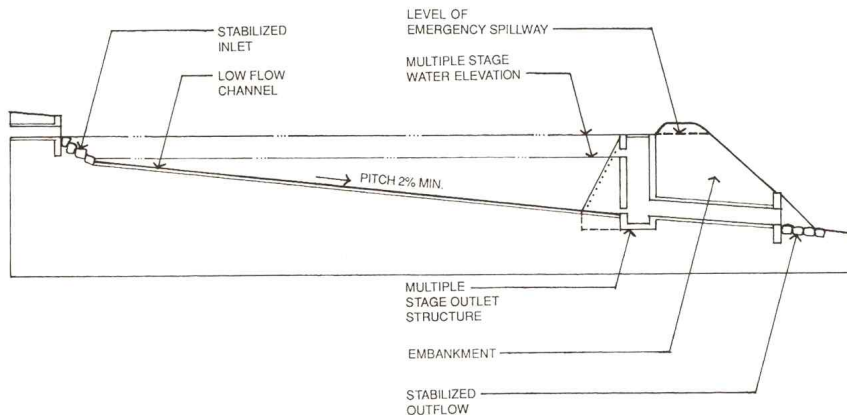
마지막으로 저류연못에는 없는 장치인 저수로는 유입구에서 유출구까지를 바닥에 움푹하게 파진 홈을 통해 연결하는 형태로 물이 원활하게 빠져나가는 것을 도와 저류지 바닥에 오랫동안 물이 고여 있는 사태를 방지하는 차원에서 필요하다.



[그림 2-3] 임시저류조의 평면구조

자료: Steven Strom, Kurt Nathan, Jake Woland (2010)

7) Steven Strom, 외 2인, *Site engineering for landscape architects* (John Wiley & Sons, 2010), p. 169.



[그림 2-4] 임시저류조의 단면구조

자료: Steven Strom, Kurt Nathan, Jake Woland (2010)

(3) 투수시설 (infiltration facilities)

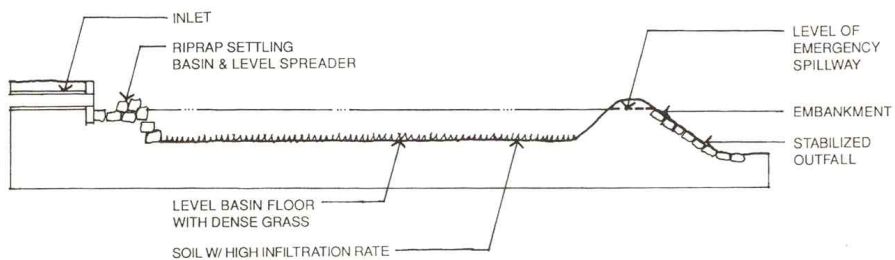
우수의 자연적인 지면 흡수효과를 유출수 절감에 활용하는 침투 시설은 강우시 지하수가 습지와 연못, 하천에 물을 흘려보낼 때 지표유출수의 양을 줄여주는 기능을 한다. 이는 침투유출량을 경감하는 효과로 이어져 개발지에 필요한 우수관 길이의 축소로 시공비 절감에 크게 기여한다. 또한 기존 식생보존이 가능한 공법으로서 물이 토양을 투과하는 과정에서 각종 물리적인 오염물, 화학물질 등이 정화되는 효과를 기대할 수 있을 뿐만 아니라 개발된 대상지가 가지고 있었던 기존의 수순환 시스템에 큰 영향을 주지 않는 친환경적 시설이다.

침투시설의 다양한 이점에도 불구하고 실용적으로 널리 쓰이기에는 한계가 되는 점이 많다. 이유인 즉, 이 시설을 설계할 때 기본적으로 충족되어야 하는 조건이 첫째, 개발대상지의 기존 토양이 침투시설의 기능을 소화할 만큼 흡수도가 높아야 하며, 둘째, 빗물이

그대로 침투되는 특성 때문에 지하수층의 얕을 경우 오염이 될 가능성이 상존하기 때문에 시설을 계획 시에는 계절에 따른 지하수면의 높이 변화, 경사 및 지하수가 흐르는 방향, 지표유출수의 오염정도, 대상지면을 덮고 있는 식생의 조건, 토양 투수율 등에 관한 항목을 모두 충족시켜야 하기 때문이다.

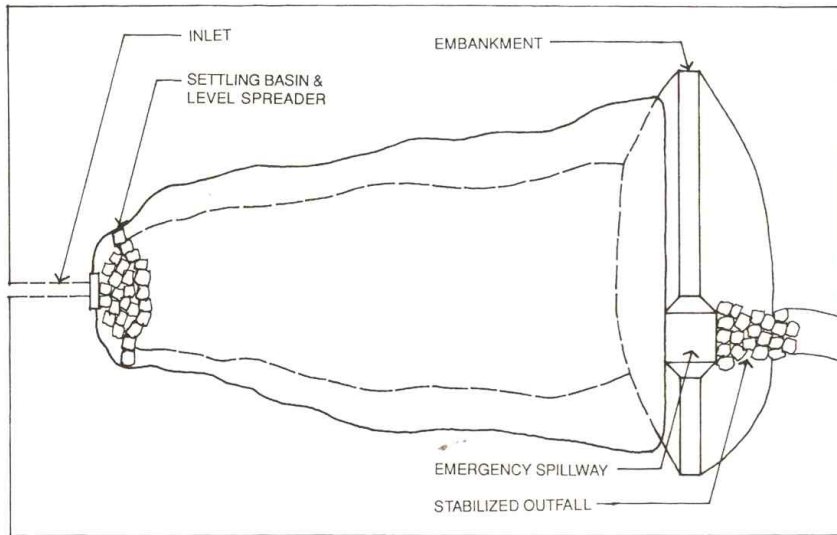
1) 투수형 저류조(infiltration basin)

투수형 저류조가 특정 강우발생빈도에 발생하는 지표유출량을 기준으로 설계되어 비가 내릴 때 계획된 시간동안 서서히 빗물을 모아 방류시키는 역할을 한다는 점에서 임시저류시설과 비슷한 특성을 띤다. 비교되는 점은 저류조 바닥면의 투수효과인데, 최근에는 임시 저류조와 침투형 저류조가 합쳐져 물을 가두고 모으는 동시에 투수도 시키는 형태의 설계가 자주 등장한다.



[그림 2-5] 투수형 저류조의 단면구조

자료: Steven Strom, Kurt Nathan, Jake Woland (2010)



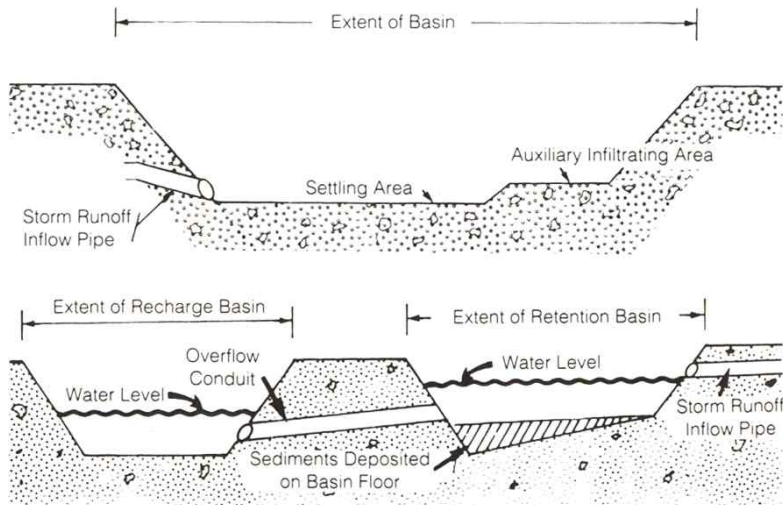
[그림 2-6] 투수형 저류조의 평면구조

자료: Steven Strom, Kurt Nathan, Jake Woland (2010)

계절 변화에 따른 지하수면이 상승이 최대치를 기록할 때의 수치를 기준으로 투수형 저류조의 바닥으로부터 최소 4인치 깊이⁸⁾는 유지되어야 한다. 만약 4인치보다 거리가 짧아질 경우에 물웅덩이가 발생할 수 있다. 또한 물이 저류조에서 흡수되는 과정에 각종 오염물이 침전하게 되는데 이를 처리할 수 있는 장치가 함께 설계되지 않을 경우 침전물이 유출관로를 막는 상황이 올 수 있다. [그림 2-5]의 단면도를 살펴보면 저류조 바닥에 재식된 식생을 확인할 수 있는데 이것이 저류조 내 침전물 관리에 중요한 역할을 한다. [그림 2-7]은 저류조 안에서 일종의 퇴적물포집장치(Sediment trap)의 기능을 수행할 수 있도록 추가할 수 있는 요소의 구체적 설계방식인

8) Urban Water Resources Research Council of the American Society of Civil Engineers and the Water Environment Federation, Design and construction of urban stormwater management systems, (American Society of Civil Engineers. & Water Environment Federation, 1992), p. 469

보여준다.



[그림 2-7] 퇴적물포집장치의 설계응용 예

자료: American Society of Civil Engineers.
& Water Environment Federation (1992)

2) 빗물정원(rain garden)

빗물정원은 상대적으로 비형식적인 형태의 침투형 저류방식으로 구조적으로 단순하다. 설계 시 이미 배수상태가 우수한 대지를 선택해서 토양의 배수상태를 보다 증진하는 방향으로 설계된다.

큰 대상지의 경우, 빗물정원을 통한 지표유출수량 절감을 기대하기 위해서는 큰 규모의 빗물정원을 하나 조성하는 것보다 소규모로 분할하여 전체대상지에 그물망처럼 퍼뜨릴 때 좋은 우수절감효과를 기대할 수 있다.

빗물정원이 조성되기에 적합한 위치는 건물의 기초로부터 충분한 거리를 두는 반면 지표유출수가 발생하는 지점으로부터는 가까워야 한다. 또한 해가 잘 드는 위치이어야 빗물이 수시로 차고 빠져

나갈 때 미치는 물리적 영향에 대비해서 재식된 식생들이 유지가 되고, 원활한 증발작용을 유발해 대상지안의 다른 기반시설들이 저류에 의한 피해를 입지 않는다.

3) 투수성 트렌치(infiltration trenches)

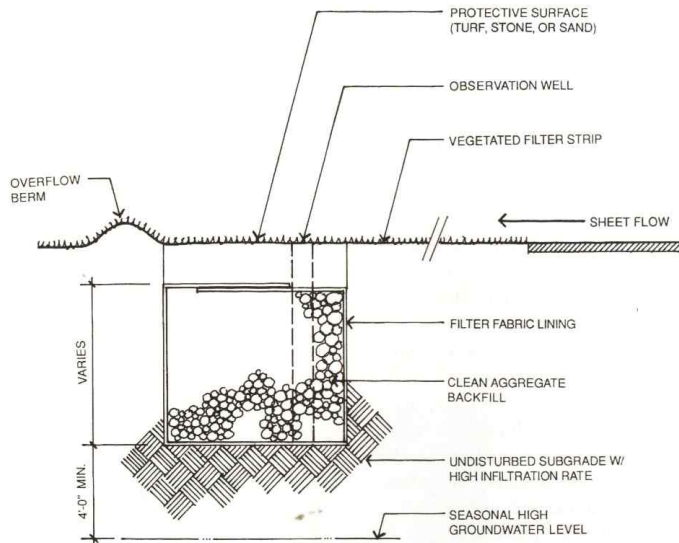
투수성 트렌치는 대상지를 계획할 때 빗물정원과 비슷한 용도와 성격을 가진 요소로 종종 다루어진다. 하지만 띠 형태를 가진 트렌치의 형태적 특성상 큰 공간을 차지하지 않기 때문에 남는 공간에 쉽게 적용가능하다.

일반적으로 길고 좁은 형태로서 3~12ft의 깊이의 구덩이가 골재가 함께 묻히는데 골재들 사이의 물리적인 틈새로 물이 차올랐다가 물이 주변 토양으로 서서히 흡수된다. 트렌치 바닥은 계절에 따른 지하수면 최대 상승선에서부터 최소 4ft가 확보되어야 한다.⁹⁾

표면에 설치되는 투수성 트렌치는 평평한 사면을 기복 없이 알게 흐르는 면상류(sheet flow)를 조절하는 역할을 하고, 빗물이 흐르면서 옮겨오는 이물질과 퇴적물을 걸러내는 최소 20인치 폭의 식생 필터¹⁰⁾를 필요로 한다. 이는 띠 형태로서 빗물이 트렌치로 흘러들어오는 양쪽 면을 따라 조성되어야 하는데, 필터로서의 기능을 제대로 발휘하기 위해서는 재식된 식생의 밀도가 높아야하고 관리상태가 양호해야한다.

9) Urban Water Resources Research Council of the American Society of Civil Engineers and the Water Environment Federation, Design and construction of urban stormwater management systems, (American Society of Civil Engineers. & Water Environment Federation, 1992), p. 501

10) 같은 책, p. 502.



[그림 2-8] 침투 트렌치의 구조

자료: Steven Strom 외 2인 (2010)

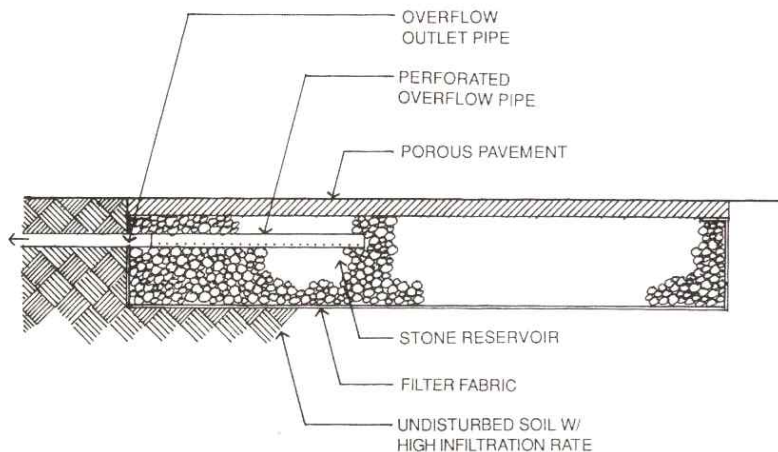
일반적으로 투수성 트렌치가 언급될 때 지면 위에 설치하는 유형을 의미하는 경우가 대부분이지만 지하에 암거하는 방식도 투수성 트렌치의 종류에 포함된다. 지하에 암거되는 트렌치는 구덩이를 채우는 골재에 필터역할을 하는 천에 감싸진 타공관을 함께 매설하는 방식을 말한다. [그림2-9]와 같이 지표면에 투수형 포장재가 사용되는 경우에 주로 함께 설계된다.

4) 투수성 포장 (porous pavement)

대개 지면을 포장할 때 불투수면을 절대적으로 확대시키는 결과를 가져오기 때문에 개발이전과 비교했을 때 훨씬 많은 양의 지표 유출수를 발생시킬 뿐만 아니라 지면 위를 흐르는 유출수의 속도 또한 증가시킨다. 하지만 투수형 포장방식을 사용하면 여타 우수관

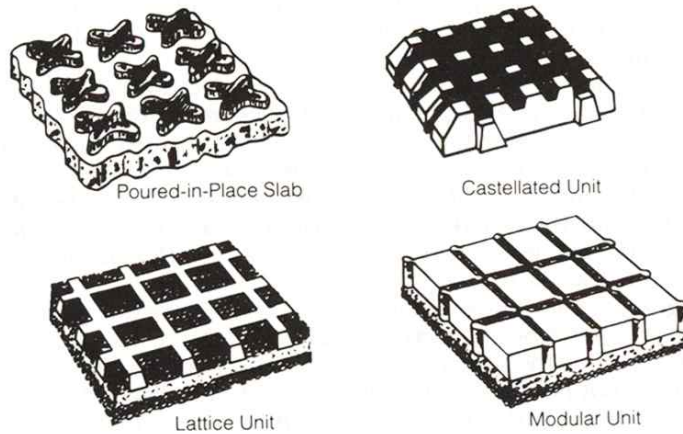
리시설물처럼 독립적으로 큰 공간을 차지할 필요없이 길이나 주차장 등의 포장표면을 이용하기 때문에 빗물관리시스템을 위해 할당되는 대지의 면적을 줄이면서 빗물의 유출수량과 속도를 늦추는 효과를 거둘 수 있다. 하지만 이러한 투수성 포장은 전반적으로 평지인 대지에 토양의 투수율이 높고 지하수면과 기반암층이 지면으로부터 깊은 대상지일 때 가능한 설비이다.

이 방식은 기존의 포장방식과 비교해서 단순히 포장재만 달리하는 것이 아니고 암거되는 트랜치시설을 포함하는 시공이 함께 이루어지기 때문에 투수성 포장방식에 관련한 전문성이 시공자들에 요구되는 까다로움이 있다. 또 시공이후 사용되는 과정에서는 이물질로 인한 막힘 현상 발생의 위험이 높는데, 한번 막힘 현상이 발생하게 되면 이를 해결하기가 상당히 까다롭고 비용이 많이 든다는 문제점이 있다.



[그림 2-9] 투수형 포장 방식의 단면 구조

자료: Steven Strom, Kurt Nathan, Jake Woland (2010)



[그림 2-10] 투수형 포장재 종류

자료: American Society of Civil Engineers. & Water Environment Federation (1992)

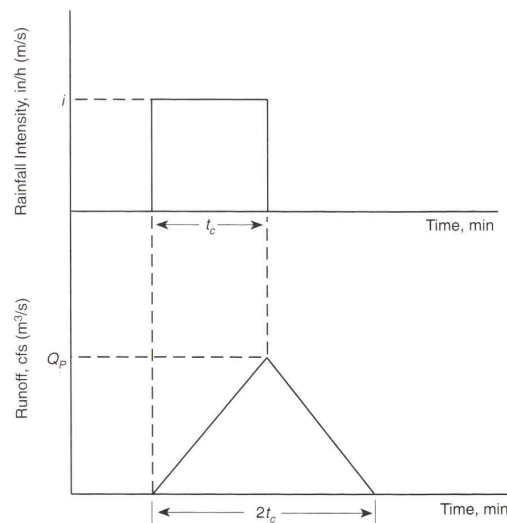
[그림 2-10]은 투수성 포장재의 전형적인 유형들을 보여준다. 모듈화되어 열을지어 시공되고 모듈사이에는 흙이 함께 채워져 식생이 자리잡도록 설계되어 있다. 이 포장재 아래에는 [그림2-10]과 같은 구조를 갖추고 있어서 흘러들어간 지표유출수의 대부분은 필터를 거쳐서 토양으로 흡수되지만, 강우량이 많을 시에는 타공관을 따라 흘러가는 유출수도 발생한다.

3. 우수유출량 산출방법 및 저감시설 크기 산정방법

적정규모의 빗물관리시스템 설계를 위해 해당구역의 지표유출수량을 계산하는 수식을 사용한다. 지표유출수를 분석하는 모델로 SWMM의 사용도가 높아지고 있지만 현재 국내에서 가장 일반적으로 사용되는 방식인 합리적 방식(Rational Method)에서 미흡한 영역

을 한단계 보완한 수정된 합리적 방식(Modified Rational Method)을 대상지 분석에 사용한다. 최근에 사용되는 다른 방식들에 비해 오차 범위가 크다는 문제점이 있지만 현장에서 아직 사용되고 있는 방식이며, 우수관리설계의 기본전제가 정확한 양 측정보다 예상 가능한 홍수량 보다 용량이 작아지지 않는 점에 중점을 두고 있기 때문에 상대적으로 큰 값이 나오는 합리적 방식을 사용해도 무리가 없다.

(1) 합리적 방법 (Rational Method)



[그림 2-11] 합리적 방식에 의한 지표유출수속도 그래프의 예

자료: Gribbin (2007)

합리적 방법은 1889년 미국의 Emil Kuichling이 제안한 방식으로 $Q=CiA$ 라는 간단한 수식을 이용한다. 여기에서 C 는 유출계수(Runoff coefficient), i 는 강우강도(Rainfall intensity), A 는 유역의 면적을 의미하고 수식에 의해 산출되는 Q 는 강우시 최대 속도를 의미한다.

즉, 이 공식으로 지표유출수의 속도가 최대치를 기록하는 지점에서 발생하는 지표유출수의 부피를 구할 수 있다.

이 값은 물을 흘려보내는 시설의 깊이나 관의 직경을 결정할 때 사용되고 있으며, [그림 2-11]에서처럼 그래프가 최대치를 기록하는 지점을 기준으로 시설물의 규모를 정한다.

1) 유출계수(C)

유출계수는 지면의 상태에 따른 우수 침투율을 수식에 반영하기 위한 계수로 산정한 것으로서 합리적 방식의 기초로 사용된 미국의 유출계수 표에서는 토지피복상태, 용도, 경사도 이외에도 토질에 따른 투수율의 차이가 계수에 반영되어 있다. 우리나라에서는 미국의 유출계수 표를 국내실정에 맞추어 일부 생략 및 수정된 형태로 사용되고 있다.

[표2-1] 토지피복도별 기초유출계수의 표준값

공종	유출계수	공종	유출계수
지붕	0.85-0.95	공지	0.10-0.30
도로	0.80-0.90	잔디, 수목이 많은 공원	0.05-0.25
기타 불투수면	0.75-0.85	경사가 완만한 산지	0.20-0.40
수면	1.00	경사가 급한 산지	0.40-0.60

자료: 한국토지주택공사(2009)

[표2-2] 토지이용도별 총괄유출계수의 범위

토지이용		유출계수
상업지역	도심지역	0.70-0.95
	근린지역	0.50-0.70
주거지역	단독주택단지	0.30-0.50
	독립주택단지	0.40-0.60
	연립주택단지	0.60-0.75
	교외지역	0.25-0.40
	아파트	0.50-0.70
산업지역	산재지역	0.50-0.80
	밀집지역	0.60-0.90

자료: 한국 상하수도 협회(2005)

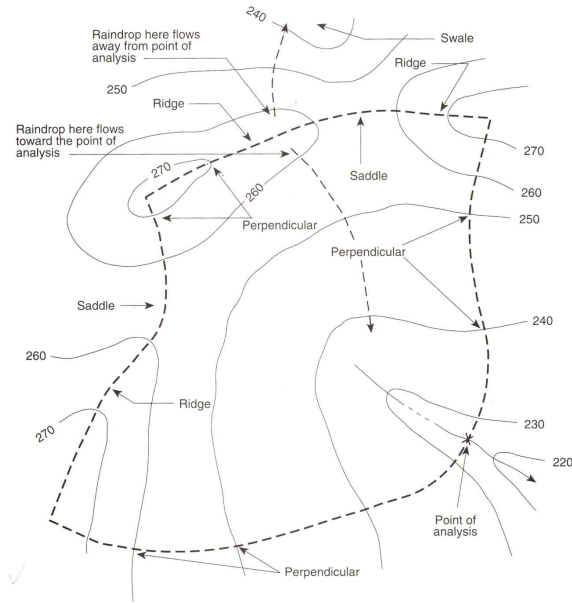
[표2-3] 토지이용도별 기초유출계수

공종	유출계수	공종	유출계수
단독주택	0.80	어린이공원	0.45
공동주택	0.65	근린공원	0.30
근린생활시설	0.80	학교	0.40
상업용지	0.80	공용의 청사	0.75
도로	0.85	종교용지	0.75

자료: 한국 상하수도 협회(2005)

2) 유역면적(A)

유역(watershed)는 배수구역(drainage basin) 또는 집수구역(catchment area)이라고 하는데 주로 지형적 특성에 의해 유역의 범위가 결정된다. 유역은 능선의 형태와 계곡의 위치에 의해 구분되는데, 보통 서로 마주보고 있는 경사면들이 계곡을 이루어 유출수로 형성하면 하나의 유역으로 정의가 된다.



[그림 2-12] 유역의 구성 원리

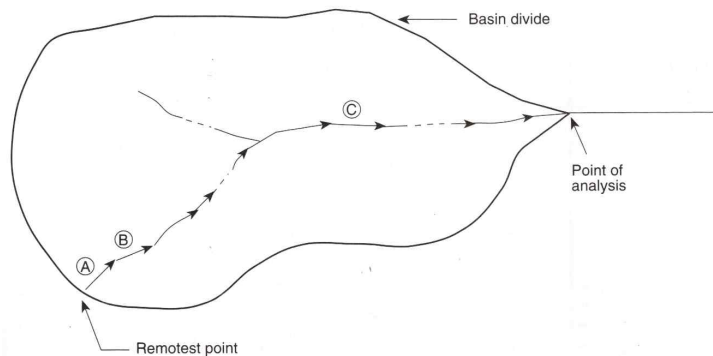
자료: Gribbin (2007)

유역의 면적은 계산이 가능한 단순한 기하학형태로 바꾸어 산출하거나 면적계(planimeter)를 사용하는 방법, 컴퓨터 소프트웨어를 사용하여 면적을 구하는 방법이 있다. 평면상에서 유역의 면적을 구하는 작업이기 때문에 정확한 값을 구하는 것은 현실적으로 불가능하지만 오차 범위가 5%이하¹¹⁾일 경우에 설계를 하기 위한 정확도로는 충분하므로 앞에서 열거한 3가지 중 어떤 방법을 선택하여도 유효한 값을 구하는 것에는 무리가 없다.

면적을 도출한 후에는 유역해석지점을 찾아서 해당유역 해석의 근거를 마련한다. 흔히 유역의 최상류 지점에서 시작된 유출수의 흐름이 해당유역의 경계에 만나는 지점을 유역해석지점이라고 한다.

11) Bruce K Ferguson and Thomas N. Debo, *On-site stormwater management : applications for landscape and engineering* (Van Nostrand Reinhold, 1990)

최초로 발생한 유출수가 유역해석지점까지 도달하는데 걸리는 시간을 거리 값과 지표면상태 값을 유달기준표에 적용하여 구한다. 이때 도출되는 값을 유달시간(Time of concentration)이라고 하는데 강우강도 그래프를 이용하는 지표로 사용된다.



[그림 2-13] 유역해석지점의 설정

자료: Gribbin (2007)

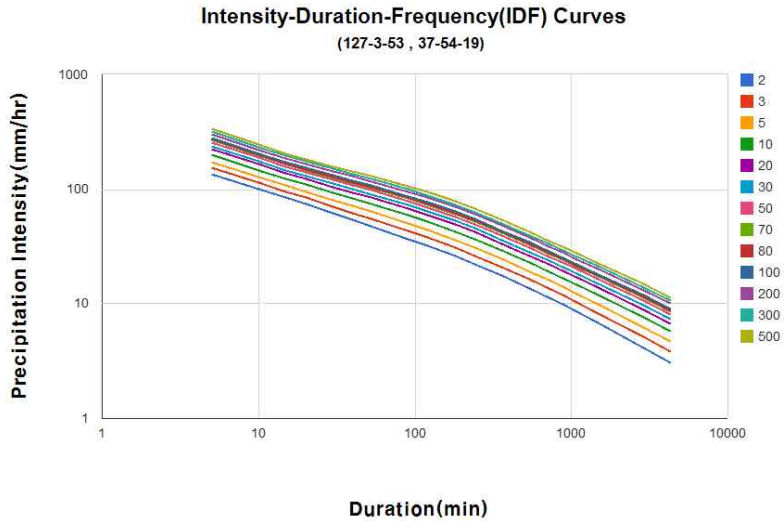
분석 시 적용되는 두 지점의 거리 값이 유역 안에서 가능한 최대 거리인 경우가 많으며 그렇지 않는 경우에는 다른 도달경로에 비해서 가장 대표적인 경로일 필요는 있다.

3) 강우강도(i)

I값에 해당하는 강우강도(Rainfall intensity)는 특정한 측정 지점에서 내리는 비의 세기를 의미하는데 단위시간당 강우량으로 나타낸다. 지표유출수를 계산하는 과정에서 강우강도 값을 적용하기 위해서는 해당유역의 유달시간에 대한 분석이 선행되어야한다.

강우강도 표는 강우량의 재현기간을 기준으로 분류하여 2년 주기부터 500년 주기의 강우까지 예측한 자료를 그래프나 표로 표현

하는데 배수관련 시설 설계 시 목표로 하는 성능에 따라 재현주기를 선택하여 그 수치를 지표유출수의 양 산출에 사용한다.



[표 2-4] 설계 대상지의 강우강도 그래프

자료: 국토해양부

(2) 수정된 합리적 방법(Modified Rational Method)

수정된 합리적 방식은 합리적방법의 기본수식에서 선행강수량 (Antecedent precipitation)에 의한 계수인 선행강우지수(C_A)가 추가된 형태로 $Q=CC_AiA$ 식을 사용한다. 이 선행강우지수는 국내에서도 미국 공공사업 협회(American Public Works Association)에서 선정한 기준을 일반적으로 사용한다.

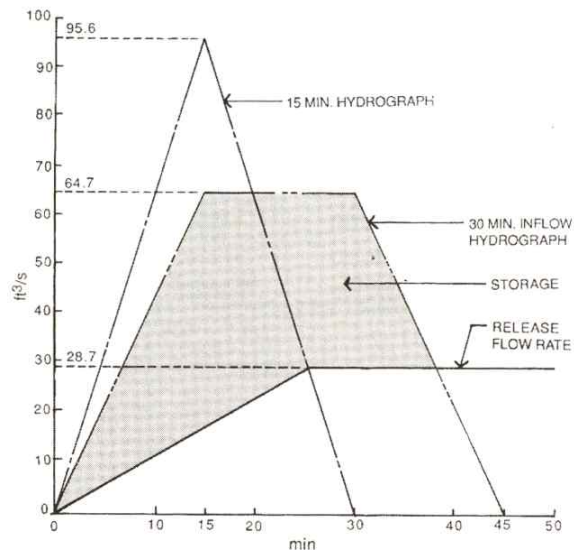
[표2-5] 선행강우지수

발생빈도	C_A
2-10년	1.0
25년	1.1
50년	1.2
100년	1.25

자료: American Public Works Association (1981)

이 C_A 의 역할은 지표유출수의 유속이 최대치를 기록하는 시점이 유지되는 시간을 수식에 반영하는 것으로 전체 지표유출수의 부피를 산출할 수 있다.

따라서 수정된 합리적 방법에 의해 도출되는 값을 그래프로 표현하면 [그림2-14]와 같다. 그림에서 색칠된 영역이 개발이전 조건에서의 유출수 양을 제외한 전체 지표유출수의 양으로서 개발 후 새롭게 설계된 빗물관리시스템으로 관리해야 할 총용량에 해당한다.



[그림 2-14] 수정된 합리식에 의한 지표유출수속도 그래프

자료: Steven Strom, Kurt Nathan, Jake Woland (2010)

제2절 사례연구

1. 비산 앙 모 키오 공원




Bishan-Ang Mo Kio Park, Singapore

<p>프로젝트 개요</p>	<p>설계사: Atelier Dreiseitl, Germany 기존 콘크리트 운하의 길이: 2.7km 자연적으로 전환시킨 강 길이: 3km 칼랑 강의 총 길이: 10km 완공년도: 2012년</p>	 <p>비산 앙 모키오 공원 전경</p>
<p>세부현황</p>	 <p>프로젝트 전</p>	 <p>프로젝트 후</p>
<p>프로젝트 내용</p>	<p>그린 인프라를 설계하는 관점에서 물의 공급과 홍수대처 및 관리의 두 가지 상반된 목적을 동시에 충족시키는 시키고자 하였으며 동시에 도심 속 자연이 어우러진 새로운 공간을 도시민들에게 제공한다.</p>	
<p>사용된 우수저감 설계기법</p>	<p>2.7km에 이르는 직선의 콘크리트 운하를 굽이치는 형태의 3km의 자연적인 수로로 복원했다. 이 곡류는 공원을 가로지르며 흐르고 이 공원이 다양한 과정의 강의 생태를 수용할 수 있도록 설계 되어 가변적인 수위에 부합한 프로그램을 토대로 다양한 활동을 할 수 있도록 했다.</p> <p>기존의 토목공학 방식인 수리모형은 강둑 강화가 필수적으로 요구되는 지점에만 사용하여 건설비용을 경감시키는 동시에 다양한 강의 흐름을 수용하여 자연적인 강의 곡류를 형성하도록 했으며, 자연적인 생태적 회복 또한 유도하여 생태적 다양성을 기존에 비해 약 30% 증가 시켰다.</p>	

자료: Atelier Dreiseitl

2. 프레리 워터웨이 스톱워터 공원

Prairie waterway stormwater park, USA

<p>프로젝트 개요</p>	<p>설계사: Balmori Associates, US 면적: 91ac 완공년도: 1996</p>	 <p>공원 전경</p>
<p>세부현황</p>	 <p>영구저류연못(retention pond)</p>	 <p>지표면 수로(swale)</p>
<p>프로젝트 내용</p>	<p>500가구에 해당하는 새로운 주거지 개발에 필요한 지표유출수 배수시스템을 오픈스페이스화 하여 설계하였다.</p> <p>대상지는 잦은 홍수지역으로 높은 지역으로 지표면을 통한 배수체계 (open water system)설계로 하수관거에 의존하던 기존 배수설비 대체하는 동시에 공원화하여 도시기반시설을 어메니티 공간으로 제공하고 홍수량 수용문제를 해결하였다.</p>	
<p>사용된 우수저감 설계기법</p>	<p>인공 습지조성, 지표면 수로 체계 설계, 영구저류연못</p>	

자료: Balmori Associates

3. 소결

두 가지 사례 모두 단순히 저감시설의 종류에 따라 기본형을 대입하는 일반적인 틀에서 벗어나 저감시설의 원리와 개념을 통합적으로 사용하여 대상지에 응용한 설계방식을 참고할 수 있다.

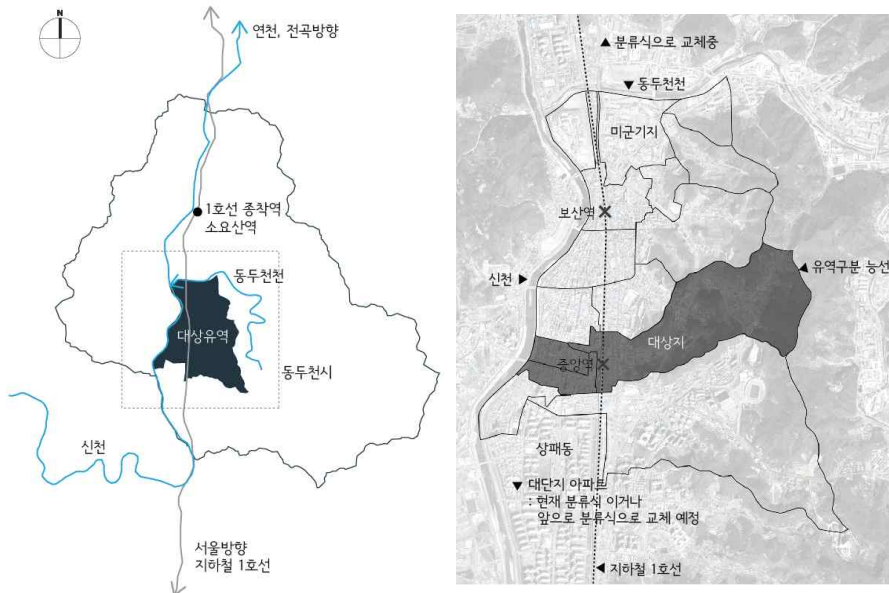
특히 사례 2의 경우에는 지표면에서 이루어지는 배수시스템 설계로 오픈스페이스를 제공하는 동시에 홍수문제를 해결하였다는 점에서 연구대상지의 설계 지향점과 유사하고 사례 1의 기존 수로 형태와 같이 콘크리트 배수로에 의해 고지대의 물이 배출 되고 있다는 점에서 동일한 점이 있다.

따라서 물을 단순히 모으고 가두는 방식의 기본적인 우수저감기법에서만 침수문제를 접근할 것이 아니라 설계 사례 1에서처럼 물이 흐르는 방식을 설계하는 것이 함께 요구되며 사례 2과 같이 전반적인 배수체계를 설계하여 물이 저류되는 방식과 그에 따라 함께 계획되는 공원의 적지에 관해서 계획하는 부분에서의 접근을 통해 궁극적으로는 기존 하수관체계에 우선하는 새로운 도시기반시설을 구축하는 것을 지향한다.

제3장 계획조건의 해석

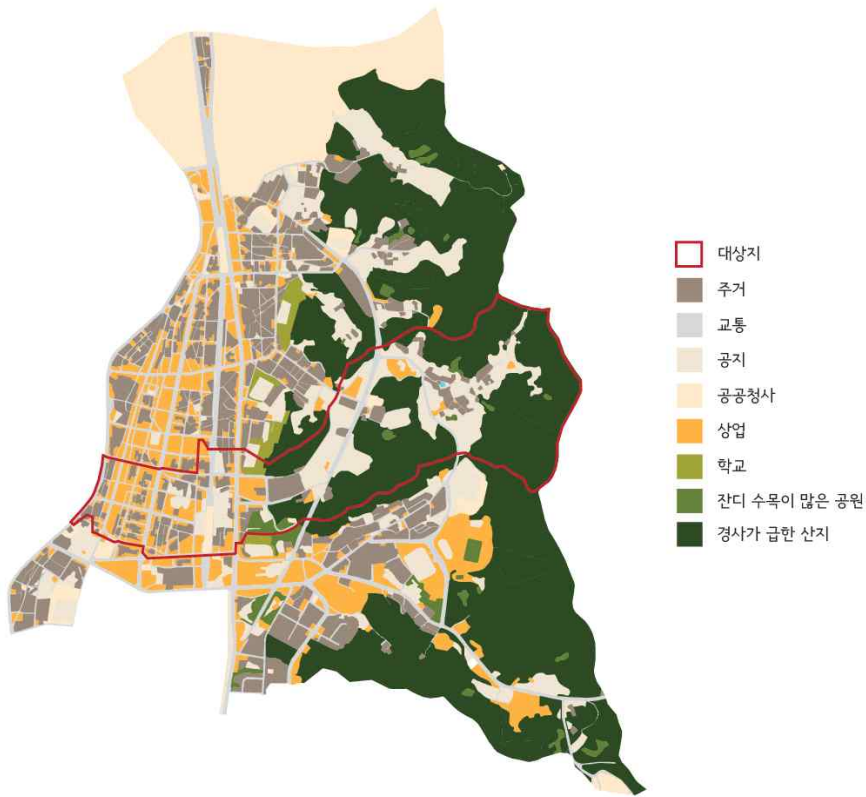
제1절 대상지 위치 및 개요

1. 대상지 개요



[그림3-1] 대상지 유역의 광역 위치도

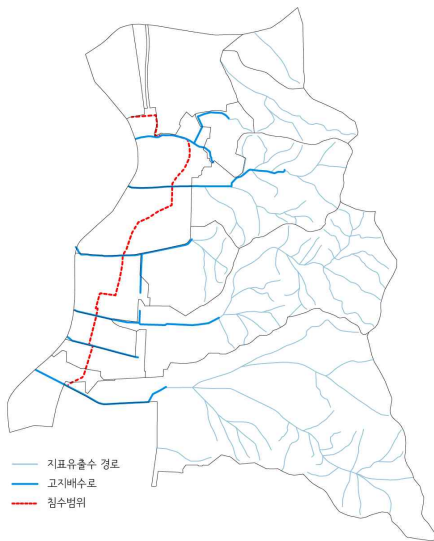
대상지를 포함한 유역은 경기도 동두천시 생연동과 중앙동 일대의 합류식 하수관망을 갖추고 있는 유역으로 지하철 1호선이 유역을 가로지른다. 이 유역을 구분하는 기준은 동쪽의 유역을 둘러싸고 있는 능선과 서쪽의 신천, 북쪽의 동두천천, 남쪽의 분류식 우수설비계획 경계선에 의한 것으로서 동두천시청 안전총괄과의 침수방지 기본계획을 기초로 하였다. 유역의 토지피복 현황에 의하면 우측의 유역구분경계선으로 갈수록 산지가 차지하는 면적이 많고 상대적으로 도시화된 영역이 줄어드는 것을 알 수 있다. 이 도시화된 영역은 산지 능선이 서로 마주보는 계곡에 형성되어 있으며 산지를 사방으로 둘러싸고 있다.



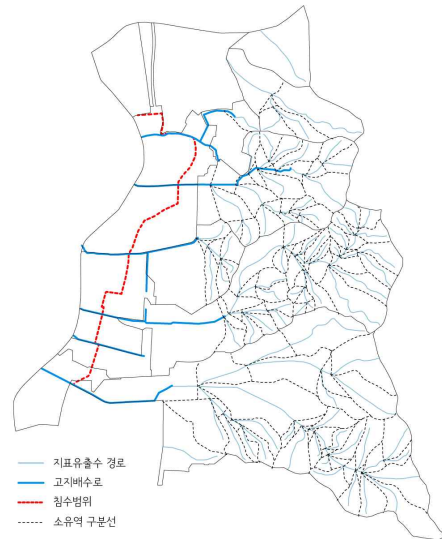
[그림3-2] 대상지 구역의 토지피복현황

이처럼 구역내부에 위치하는 산지의 능선에 의해 고지대에서 시작하는 물의 경로는 세분화된다. 이 세분화된 지류들이 모여서 흘러 내려오다가 저지대를 만나는 부분에서 크게 5개의 흐름으로 분리가 되는데 이는 [그림3-3]과 [그림3-4]를 통해 확인할 수 있다.

능선에서 시작한 5줄기의 흐름은 각각의 고지배수로를 통해 신천으로 연결되고 분리된 각각의 고지배수로가 지나는 경로를 기준으로 저지대의 펌프장구역이 구분된다. 이는 집중강우시 저지대에서 발생하는 유출수가 펌프장으로 유입되는 범위이며 [그림 3-5]를 통해 각각의 영역을 확인 할 수 있다.



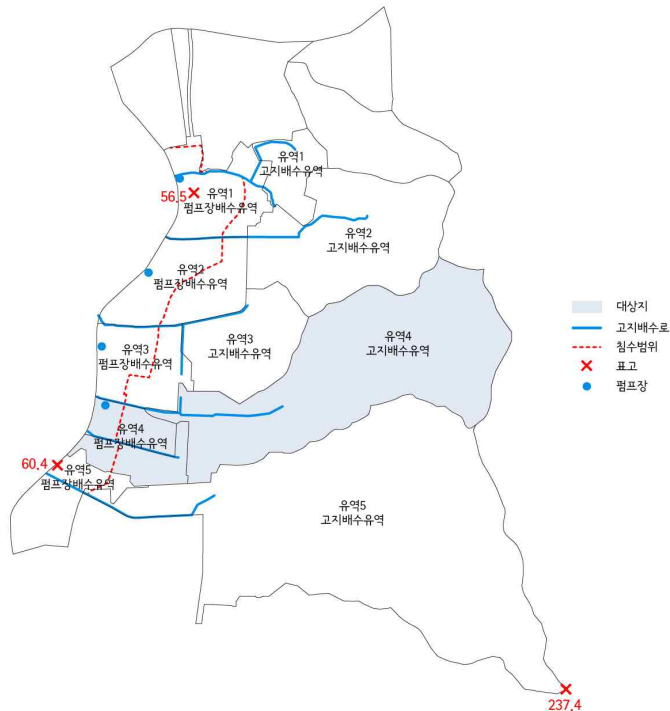
[그림 3-3] 고지배수로로
지표유출수가 유입되는 경로



[그림 3-4] 지류에 의해 세분화한
고지배수구역

전체 유역은 5개의 유역으로 구분 되고 각각 고지배수유역과 펌프장유역에 해당하는 고지배수유역의 조합으로 구성되어 있다. 설계 대상지는 이 중에서 유역 4에 해당하는 영역으로 약 137ha의 면적을 가지며, 면적으로 다른 유역들과 비교했을 때 유역 5에 이어 두 번째로 큰 범위이지만 고지배수로의 소유역 개수는 5개의 유역 중에서 가장 많은 유역으로 이 유역에서 유출수가 해결되지 않을 경우 면상류가 상대적으로 저지대인 유역3, 2, 1까지 흘러가서 홍수를 악화시킬 가능성이 있기 때문에 상대적으로 먼저 설계되어야 할 범위로 판단하였다. 또한 유일하게 2개의 고지배수로가 위치하고 있는 유역이기 때문에 지표면 위를 이용한 우수저감설계가 이루어질 경우 두 배수로를 연계하는 설계방안을 통한 기존 배수시스템의 효율 증가 효과가 클 것으로 예상되어 유역 4를 설계 대상지로 선정하였

다. 하지만 다른 4개 유역의 여타 환경적 조건이나 배수방식이 유역 4와 흡사하기 때문에 제안하는 설계의 개념을 이 후 나머지 4개의 유역으로 확장하여 적용할 수 있을 것으로 예상된다.

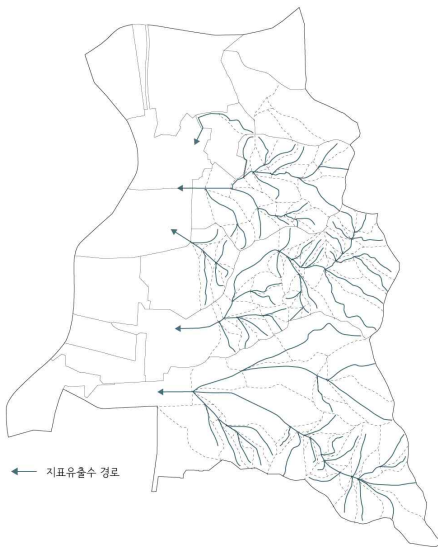


[그림 3-5] 유역구분도 및 배수시설 위치도

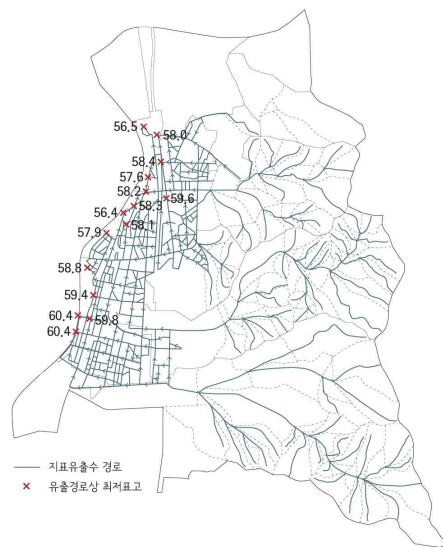
과거의 침수사례를 통해 홍수가 일어나게 되는 과정을 검토해보면 산지에서 발생한 지표유출수가 신천으로 유입되는 과정에서 하수관의 설계용량을 초과한 양이 유입되고 이로써 관 내부에서 발생하는 역류가 저지대로 흘러들어와 홍수를 발생시키는 동시에, 하수관으로 유입되지 못한 고지대의 면상류가 그대로 저지대로 흘러들어옴으로써 피해를 확대시켰음을 알 수 있었다.

이러한 반복적인 피해를 줄이고자 동두천시는 2000년에 펌프장

은 68.8mm(5년빈도), 일부 고지배수로는 89.5mm(10년빈도)로 신설하였다.¹²⁾ 그러나 2011년 집중호우시 동두천시에는 실측강우량이 1시간 최대 81mm(약 10년빈도로 추정), 3시간 최대 206.5mm(약 100년빈도 추정), 24시간 최대 449.5mm(약 100년빈도 추정)가 내려 기존 펌프장과 고지배수로의 배수능력을 초과하였을 뿐 만 아니라 고지에서 흘러들어온 이물질과 토사들에 의한 배수관의 막힘 현상으로 인해 펌프장의 배수가 불가능한 상황이 조성되었다.



[그림 3-6] 하수관망이 불능일 경우
면상류 발생방식



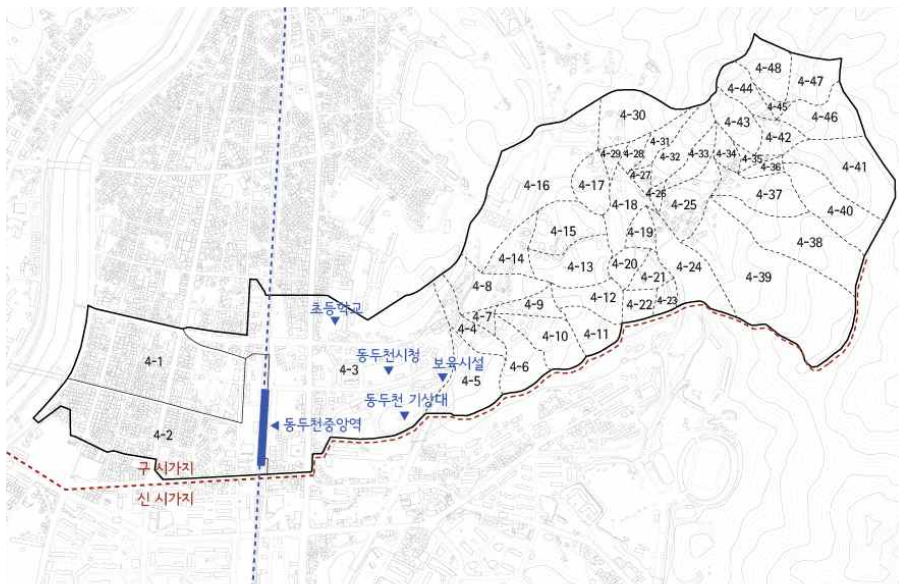
[그림 3-7] 고지배수로가 만관
일 때 지표유출수가 저지대
하수관망에 유입되는 방식

그리하여 최근 진행되고 있는 침수대책 사업에서는 저지대에서 고지배수로에 연결된 배수관로를 차단, 펌프장으로 유입되도록 배수관로를 정비하여 하천수의 역류를 방지하고, 펌프장 규모를 증설하여 펌프장의 배수능력을 향상시키고자 한다. 하지만 현재 대상지의

12) 동두천시, 『수해상습지 종합치수대책 공사 기본 및 실시설계』 (2000.6)

배수관 용량이 지선 5년, 간선 10년 빈도 이하인 상황에서 2011년 집중호우와 같은 홍수가 재현될 경우 일부 저지대의 국부적인 침수, 도로 등의 노면침수 등은 불가피할 것으로 판단되고 현재 유일한 우수배수방식인 합류식 관망에 의존하는 한 과거와 같은 패턴의 심각한 홍수피해가 앞으로도 발생할 수 있으므로 지표면의 배수능력을 향상시키는 방안과 함께 기존 하수관에 의한 우수 배출을 보조하는 제 2의 배수방식이 요구된다.

2. 대상지 현황



[그림 3-8] 대상지 현황

대상지는 구시가지 쪽에 포함되는 위치에 있지만 북쪽의 구시가지와 남쪽의 신시가지를 횡으로 연결하는 경계에 있으며 저지배수 유역에 해당하는 0.36ha의 유역4-1과, 136.6ha 면적의 고지배수유역에 포함되는 유역4-2~4-48으로 구성되어 있다.

저지배수유역에 해당하는 영역은 동두천시청과 동두천 중앙역을 포함하고 있으며 동두천 기상대와, 학교, 보육시설 등의 공공시설들도 함께 위치하여 다른 유역들에 비해 공공적인 성격을 강하게 띠는 반면 고지배수유역에 해당하는 영역은 상대적으로 도시조직의 밀도가 낮고 공지의 비율이 크다. 고지대 전반에 산재해 있는 공지는 [그림3-9]에서 볼 수 있듯이 전반적으로 현재 전, 담으로 사용되고 있으며 유출수 경로 주변으로 분포해 있다.



[그림 3-9] 대상지 현황 분석

이러한 특성은 모두 유역 내 도시화된 범위에 해당하는 특성인데 도시화가 확장되면서 함께 생겨난 지표유출수 배출 방법이 전반적인 계획없이 산발적으로 구성되어 있는 모습도 함께 확인할 수 있다.

대상지 지표면에서 관찰되는 배수형태는 [그림3-10]에서처럼 한 쪽으로는 산지의 가장자리를 따라 인공 수로가 조성되어 있고 [그림 3-13]과 [그림3-14]와 같은 별다른 우수관리시설이나 여과장치 없이 주변의 불투수면으로부터 흘러온 지표유출수가 수로로 유입되어 수

질오염 정도가 높고 각종 이물질이 부유하고 있다.



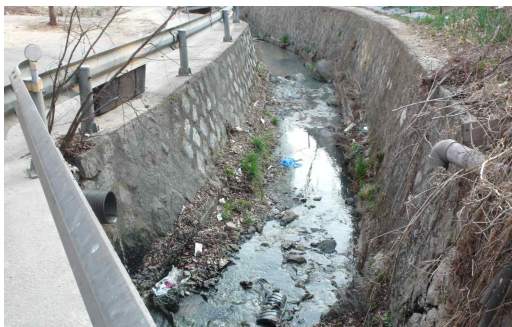
[그림 3-10] 대상지 공지 현황A



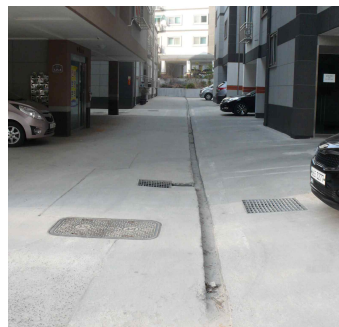
[그림 3-11] 대상지 공지 현황B



[그림 3-12] 산지 경계 수로



[그림 3-13] 상류 배수로

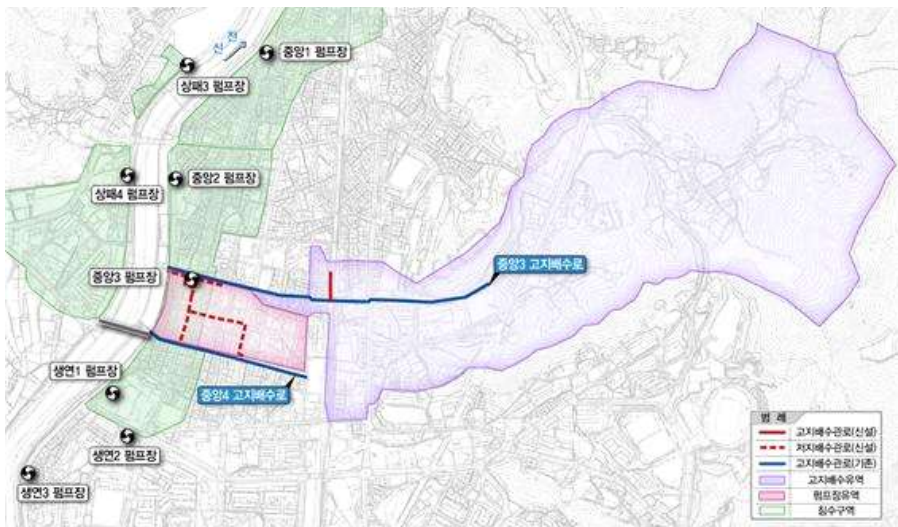


[그림 3-14] 지표면 배수로

3. 대상지의 침수대책사업 현황

(1) 펌프장유역

신설되는 중앙3펌프장 유역의 배수계통은 상류 못골(중앙3 고지 배수로)과 동두천 중앙역(중앙4고지배수로) 유역에서 발생하는 홍수 유출량을 규격 B3.0m×H2.5m와 B2.0m ×H1.5m의 배수암거를 통해 신천으로 직접 배수되고, 펌프장 주변 저지대 주택가에서 발생하는 홍수량은 중앙3펌프장에서 강제배수 하도록 구성되어 있다. 저지대 상가 및 주택가에서 우·오수는 평상시에는 펌프장 서쪽에 있는 관로를 통하여 중앙3 고지배수로로 방류되고, 홍수시 신천수위가 상승할 경우 중앙3 고지배수로 연결된 밸브를 차단하고 배수펌프를 가동하여 강제배수하게 된다.



[그림 3-15] 대상지내 진행중인 침수방지사업 위치도

자료: 동두천시청 안전총괄과

(2) 고지배수로유역

하류 도심지를 제외하고 유역의 대부분이 경사가 급한 고지대로 형성되어 있어 상류 산지유역 대부분 홍수량이 고지배수로로 통해 신천으로 직접 방류되도록 계획되어 있으나 집중호우시 산지유역에서 발생한 토사유출로 고지배수로 및 배수관거에 토사가 퇴적되어 내수배제가 원활히 이루어지지 못하고 있다. 또한 토사퇴적으로 인해 배수관거에 유입되지 못한 홍수량이 지면을 통해 저지대 도심지로 집중되어 침수피해를 가중시키고 있는 상황이지만, 추가적으로 고지배수로를 신설하는 계획 이외에 토사문제에 관해서는 아직 구체적인 대책이 없다.

[표 3-1] 유역 4의 침수방지 사업계획 개요

구 분		단 위	규 모		비 고
			당초	변경(신설)	
유역면적		ha	0.36	9.82	
확률강우량		mm/hr	68.8	99.5	
첨두 유입량		m ³ /sec	-	4.2	
펌프장	소요펌프용량	m ³ /min	6	180	
유수지	유효저수용량	m ³	-	1,220	H = 5.2m
	면적	m ²	-	235	
고지배수로		m	-	Box1.2×1.2 (92m)	고지배수로 신설

자료: 동두천시청 안전총괄과



[그림 3-16] 집중강우시 고지배수로로 유입된 토사의 흔적

자료: 동두천시청 안전총괄과

제2절 대상지 분석

1. 지표유출수 분석

합리적 방식(Rational Method)를 기초로한 수정된 합리적 방식(Modified Rational Method)을 이용하여 대상유역에서 발생하는 지표 유출수의 양을 분석한다. 유출수의 양을 계산하는 공식인 $Q=C_A C_i A$ 으로 지표유출수량을 분석하기 위해서 토지피복(C)값에 따른 면적(A)값 도출, 물이 흘러가는 경로 중 최장거리에 해당하는 유달시간(Time of concentration)을 찾아, 선택한 강우 재현기간의 강우강도(I)

값을 선별하여 최대 지표유출수 속도와, 발생하는 총 유출수의 양을
유역별로 구하여 이를 대상지 전반에서 발생하는 지표유출수의 발
생방식을 이해하는 근거자료로 이용한다.



이 장에서 분석의 결과로 구해진 지표유출수의 값은 부록으로
첨부한 계산과정과 자료를 바탕으로 한다.

(1) 토지피복에 따른 면적 분석

토지피복은 환경부에서 제공하는 토지피복도 중 가장 최근에 제
작된 2009년도의 토지피복현황을 분석에 사용하였다. 제공되는 자료
의 피복분류는 총 23개의 항목으로 분류가 되고, 그중에서 대상지의
피복현황은 총 15개 항목에 해당된다. 하지만 지표유출수를 계산하
기위한 피복 분류표를 기초로 했을 때 대상지는 총 9개의 용도로
분류가 되므로 분석에서 과정 주어진 15개의 분류를 취합하고 재분
류하여 9개의 피복형태로 재구성하였다.



[그림 3-17] 토지피복현황

피복별 면적			
피복분류		면적(m ²)	면적×유출계수(C)
	주거	149828	74914
	상업	147267	117814
	교통	158902	135067
	공지	249128	49826
	공공청사	13200	9900
	학교	6515	2606
	잔디 및 수목이 많은 공원	22139	2213.9
	경사가 급한 산지	623827	311914
	수면	570	570
합계		1371376	704823

[표 3-2] 토지피복분류

[표 3-3] 유출계수에 따른 면적(A)

유역	유출계수(C)에 따른 피복분류									합계(A) =면적× C
	주거	상업	교통	공지	공공 청사	학교	공원	산지	수 면	
	0.50	0.80	0.85	0.20	0.75	0.40	0.10	0.50	1.00	
4-1	10448	36502	23918.1 5	1685.6	-	-	-	-	-	72553.3 5
4-2	16749	34650	26202.1	1352	4401	-	-	-	-	83353.7
4-3	25828	32445	35819	7743.2	2847. 75	2606	1379.4	2021 0	-	128878. 15
4-4	-	538	1946.5	1086.4	-	-	-	3374	-	6945.3
4-5	1089	-	3063.4	741.4	-	-	-	1073 9	-	15632.8
4-6	-	-	-	697.4	-	-	-	8245. 5	-	8942.9
4-7	-	-	1053.15	595.2	-	-	-	-	-	1648.35
4-8	79	-	2966.5	2651.8	-	-	-	4682	-	10379.3
4-9	-	-	-	812.8	-	-	-	2850. 5	-	3663.3
4-10	-	-	-	904.6	-	-	-	8507. 5	-	9412.1
4-11	-	-	-	-	-	-	-	7343	-	7343
4-12	-	-	-	-	-	-	-	8137	-	8137
4-13	-	-	177.65	1503.6	-	-	224.7	9102	-	11007.9 5
4-14	1355	95	3955.9	462.8	312	-	-	2332	-	8512.4
4-15	2375	179	1320.05	789	2157	-	-	5205. 5	-	12025.7 5
4-16	2915	7479	22009.0 5	6462.6	182.2 5	-	-	9322. 5	-	48370.6
4-17	-	3168	468.35	136.2	-	-	-	4835	-	8607.55
4-18	130	-	1898.9	1759.8	-	-	-	3663	-	7451.2
4-19	35	818	1320.05	1050.4	-	-	-	-	-	3223.35
4-20	-	-	90.1	737.8	-	-	-	2561	-	3388.9
4-21	-	-	267.75	323	-	-	-	3270	-	3860.75
4-22	-	-	-	-	-	-	-	4148. 5	-	4148.5
4-23	-	-	-	-	-	-	-	2577. 5	-	2577.5
4-24	310	-	2227	3257	-	-	108.6	3297	-	9199.1

[표 3-3] 유출계수에 따른 면적(A)

유역	유출계수(C)에 따른 피복분류									
	주거	상업	교통	공지	공공 청사	학 교	공원	산지	수면	합계(A) =면적×C
	0.50	0.80	0.85	0.20	0.75	0.40	0.10	0.50	1.00	
4-25	4497	164.8	1444.1 5	1871. 6	-	-	8.2	940	570	9495.75
4-26	610		237.15	51.8	-	-			-	898.95
4-27	1349. 5		464.95	76.8	-	-			-	1891.25
4-28	242		568.65	466.2	-	-		857	-	2133.85
4-29		584.8	866.15	479.2	-	-		137.5	-	2067.65
4-30	1464. 5	100.8	398.65	1198. 2	-	-		8935.5	-	12097.65
4-31	208			188.6	-	-		3747	-	4143.6
4-32	622		119	639.4	-	-	238.6	5204	-	6823
4-33	697.5		68.841 5	272.8	-	-	59.5	3191.5	-	4290.14
4-34	888		90.95		-	-		2397.5	-	3376.45
4-35	121	295.2	262.65	530.4	-	-		41	-	1250.25
4-36	16	324.8		715.2	-	-		327.5	-	1383.5
4-37	1466. 5		232.05	987.2	-	-		7747.5	-	10433.25
4-38	29.5			525	-	-		21696	-	22250.5
4-39	979.5		279.65	2780. 4	-	-	114.1	44239. 5	-	48393.15
4-40				992	-	-	80.8	25575	-	26647.8
4-41		20		749	-	-		18995. 5	-	19764.5
4-42	51	448.8	471.75	1117. 6	-	-		2053	-	4142.15
4-43			147.05	652.6	-	-		6146	-	6945.65
4-44	178		34.85	59.2	-	-		6240	-	6512.05
4-45	82		161.5	168.8	-	-		900.5	-	1312.8
4-46				115	-	-		11499	-	11614
4-47			515.1	339.6	-	-		7817.5	-	8672.2
4-48	101			96.4	-	-		8823	-	9020.4

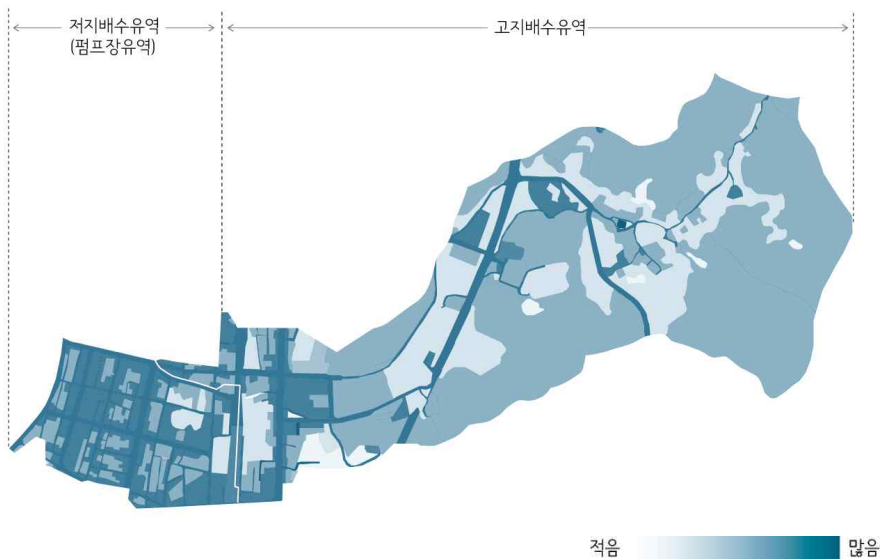
[표 3-2]의 분석된 면적 값을 비교해 보면 대상지의 경사가 급한 산지가 전체 값의 약 46%를 차지하여 분류된 피복종류 중에서 가장 큰 비율을 차지하고 있음을 알 수 있으며 지표에 투수되는 정도를 반영한 유출계수(C)를 면적 값에 포함시켰을 때도 변함없이 유역 내 지표유출수 발생량에 가장 큰 영향력을 미치는 면적요소로 작용한다. 이 피복형태는 모두 고지배수유역에 해당하는 영역에 분포해 있으며 지형적인 조건으로 인해 저지배수유역에는 존재하지 않는다.

두 번째로 가장 큰 면적을 차지하는 것이 공지에 해당하는 영역이다. 저지배수유역에도 일부 위치하고 있으나 표고가 높아질수록 더 큰 면적의 공지들이 산재해 있음을 알 수 있다. 하지만 유출계수가 0.2로 현저하게 낮아서, 절대적인 면적이 100000m^2 이상 작은 주거, 상업, 교통에 해당하는 각 면적 \times C 값의 절반에도 미치지 않음을 알 수 있다.

절대적인 면적으로 비교했을 때에는 교통이 세 번째로 큰 면적을 차지하지만 유출계수가 반영 되었을 때에는 산지에 이어 두 번째로 유역 내에서 가장 큰 영향을 미치는 면적 값이다. 이를 뒤이어 주거, 상업, 학교가 따라오는데 용도적 특성상 경사가 완만하고 도시화된 영역에 밀집하여 있다. 따라서 주로 저지배수유역에 집중되어 있으나, 고지배수유역에서도 소유역이 모이는 지점의 완만한 구릉지에는 주거와 상업, 그리고 이 둘을 도시화된 저지대까지 연결해주는 교통이 함께 위치한다.

앞의 분석자료를 바탕으로, 합리적 수식을 통해 대상지의 지표유출수 발생과정을 이해한다고 할 때, A와 C값에 해당하는 면적값 중에서 가장 큰 영향력을 미치는 요소는 경사가 급한 산지의 면적이고 이것이 모두 고지배수유역에 해당하는 범위라는 점에서 고지배

수유역에서 발생하는 지표유출수의 총량에서 경사가 급한 산지로부터 발생하는 양이 상당량을 차지 할 것으로 예상할 수 있으며, 저지배수유역에는 불투수층의 면적이 큰 주거, 교통, 상업이 집중되어 있고 이에 해당하는 면적이 지표유출수 발생의 가장 중요한 요소로 영향을 미치는 것을 추론할 수 있었다.



[그림 3-18] 유출계수에 따른 지표유출수 발생 정도

(2) 유달시간 분석

유달시간(Time of concentration)은 지형에 의해 만들어진 유달경로를 우선적으로 찾아낸 후 물이 흘러가는 경로의 지표면 상태나, 자연적으로 조성된 수로나 관거의 조건에 따라 분류하여 각각의 유달시간 기준표를 통해 구한다.

일반적으로 하수관을 설계할 시 기존 대상지가 이미 갖추고 있는 배수계통을 바탕으로 지면배수(Overflow)표 또는 수로배수

(Watercourse flow)표에 적용하는 유입시간과 유출수가 하수관으로 유입된 시점에서부터 유역을 완전히 빠져나가는 지점까지 걸리는 시간인 유하시간을 합하여 유달시간(Travel time)을 구한다. 하지만 이 논문에서 요구되는 대상지의 해석조건은 일반적으로 하수관을 설비할 때 분석 조건과 가정하는 상황이 다르다.

현재 대상지의 배수방식은 우수관과 오수관과 합치되어 있어서 하수관에 전적으로 배수를 의존하고 있다. 따라서 신설된 펌프장과 고지배수로에 의해 지표유출수 수용량이 크게 증대되었음에도 불구하고 하수관 막힘 현상이나, 고지배수로 만관 또는 펌프장 작동중지 등의 상황이 발생했을 때 고지에서부터 흘러오는 면상류(sheet flow)에 대처할 수 있는 방안이 없다. 문제는 이러한 현상이 드문 경우가 아니라 동두천시가 반복적으로 경험하는 홍수피해의 발생의 주요한 원인라는 점이다.

따라서 대상지 해석 조건 또한 이 문제 현상에 맞추어 기존의 배수계통이 불능일 시 발생하는 면상류의 양에 초점을 두고 유달시간을 분석한다.

즉, 대상지가 포함하는 각 유역의 유달경로에서 지표유출수가 하수관에 유입되어서 배수되는 과정을 유달거리 분류에서 제외하고 대신 지면배수(Overflow)와 지형에 의해 형성된 자연적 수로배수(Watercourse flow) 2가지의 경우로만 유달경로를 분류하고 각각 해당하는 표에 대입하여 유달시간을 도출한다.

지면배수와 수로배수로 유역을 분류하는 기준은 등고선의 형태에 근거한 유출수의 흐름 방식 예측에 따른다. 수로배수의 경우에는 유역의 계곡에 해당하는 부분에서 물이 같은 경로를 반복해서 지나가게 되면서 형성된 물길을 통한 배수형태 이므로 상대적으로 유달

경로의 경사가 급한 유역들이 해당되었다. 이는 피복분류에서 경사가 급한 산지에 해당하는 부분과 상당부분이 겹치는 영역으로서 경사도 평균이 약 20%이다.

이 영역에 해당하는 각각의 유역의 경사로를 수로배수용 유달시간 측정그래프에 대입했을 때 바로 도출되는 값은 1초당 빗물이 이동하는 거리(m)이다. 그리고 이 거리값으로 유역의 총 유달거리에 대응하는 유달시간을 산출해낸다. 이 값을 모두 비교해보면 최저 0.42분에서 최대 5.2분으로 큰 차이가 나지 않음을 알 수 있었는데 33개의 유역에 해당하는 유달시간이 5분 남짓한 시간 사이에 서로 미미한 차이로 포함되었다.

지면배수에 해당하는 유역은 대체로 완만한 경사의 지형으로 유달경로의 최대 경사도가 4.4%에 불과하다. 저지배수유역의 영역의 모두 포함하고 고지배수유역에서는 산지에서 내려온 물이 모이고 만나는 지점에 위치한 유역들에 해당된다. 이 유역들을 지면배수용 유달시간 측정표에 대입시키기 위해서는 수로배수에서는 요구되지 않았던 지표면 상태에 따른 유달거리 분류가 부가적으로 필요하다.

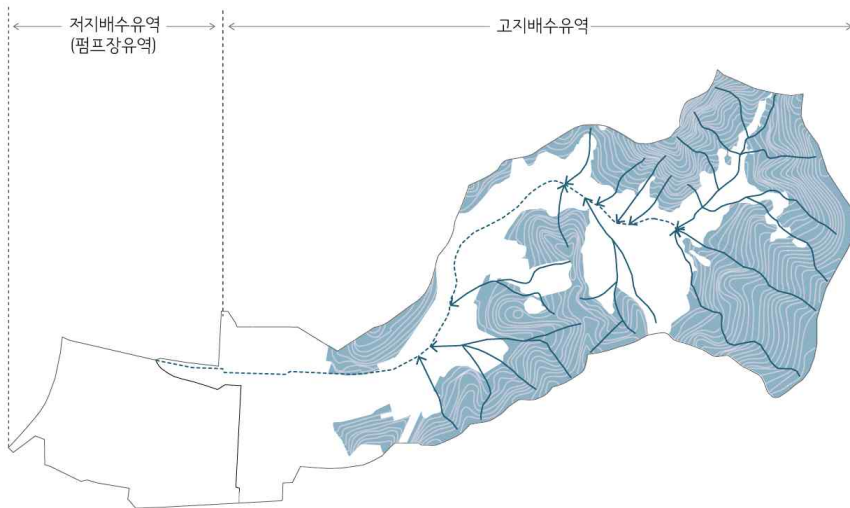
참고한 측정표에서 분류한 지표면상태는 5가지의 상태로 분류되는데, 포장면, 비포장면, 밀도가 낮은 초지, 무성한 초지 또는 수목림이 이에 해당한다.¹³⁾

가장 적은 수의 유역이 포함되는 지표면 상태는 무성한 초지 또는 수목림으로 수로배수에서 대부분의 유역이 포함되었기 때문에 지면배수에는 3개의 유역만이 해당되며, 지면배수에 해당하는 유달경로의 상당부분이 이미 개발된 지면 위를 지나가기 때문에 포장면에 해당하는 거리를 포함하는 유역의 수가 다른 지면상태와 비교했

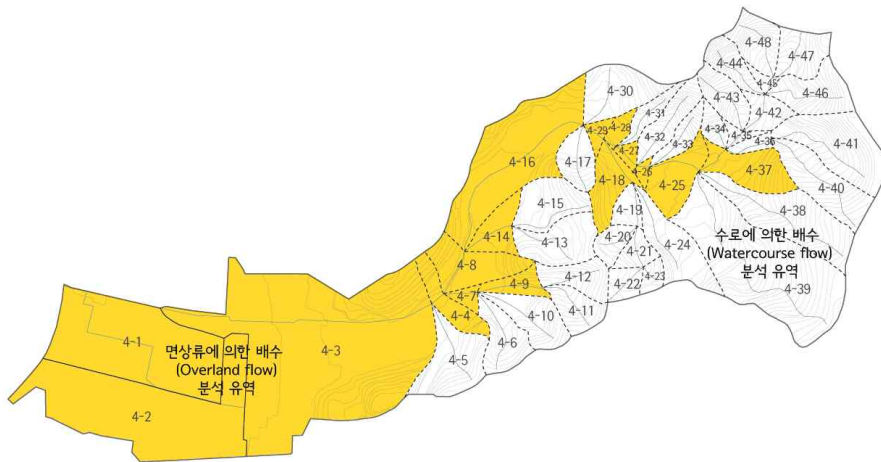
13) Steven Strom, 외 2인, *Site engineering for landscape architects* (John Wiley & Sons, 2010), p. 217.

을 때 가장 많다. 포장면 중에서도 특히 도로가 지나는 경로와 지형에서 물이 흐르는 경로가 대부분 겹치기 때문에 그 영향이 크다고 할 수 있는데 이는 우수를 배출 담당하는 하수관과 도로를 모두 하나의 경로에 설비하는 방식으로 공간이 조직되어 있기 때문이다.

지표면 상태에 따라 세분하여 측정한 유달시간을 구역별로 종합해서 평균을 구하면 약 21분으로 수로배수에서의 최장시간과 비교해도 4배에 해당되는 긴 시간이다. 하지만 지표유출수의 발생은 속도가 빠를수록 그 양이 증가하는데 이는 유달시간이 시간 늘어남에 따라 대입하는 강우강도 값이 감소하는 것으로 증명할 수 있다. 따라서 분석한 유달시간을 기초로 수식에 대입했을 때 지표유출수 양에 큰 영향을 주는 영역은 수로배수에 해당하는 구역들이다.



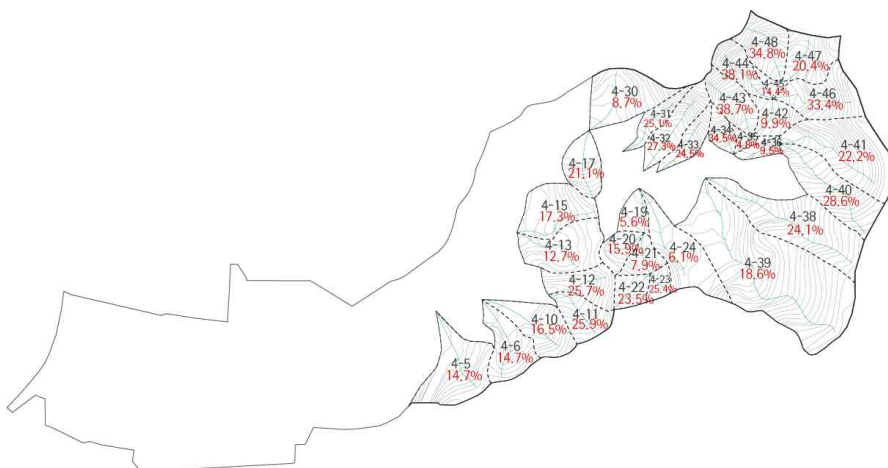
[그림 3-22] 수로배수 영역의 지표유출수 유입방식



[그림 3-19] 지면배수와 수로배수 영역 분류

지면배수(Overland flow)		수로배수(Watercourse flow)			
4-1	4-16	4-5	4-17	4-31	4-40
4-2	4-18	4-6	4-19	4-32	4-41
4-3	4-25	4-9	4-20	4-33	4-42
4-4	4-26	4-10	4-21	4-34	4-43
4-7	4-27	4-11	4-22	4-35	4-44
4-8	4-28	4-12	4-23	4-36	4-45
4-9	4-29	4-13	4-24	4-38	4-46
4-14	4-37	4-15	4-30	4-39	4-47
-	-	4-48	-	-	-

[표 3-4] 지면배수와 수로배수 영역 분류



[그림 3-20] 수로배수 유역

구역	거리 (m)	거리 (m/s)	유달시간 (min)	구역	거리 (m)	거리 (m/s)	유달시간 (min)
4-5	249	1.88	2.21	4-32	247	2.61	1.58
4-6	251	1.88	2.23	4-33	194	2.47	1.31
4-10	257	1.97	2.17	4-35	71	1.43	0.83
4-11	188	2.54	1.23	4-36	143	1.92	1.24
4-12	171	2.53	1.13	4-38	488	2.45	3.32
4-13	218	1.78	2.04	4-39	664	2.13	5.20
4-15	247	2.02	2.04	4-40	364	2.68	2.26
4-17	194	2.30	1.41	4-41	316	2.27	2.32
4-19	126	1.54	1.36	4-42	132	1.95	1.13
4-20	126	1.94	1.08	4-43	215	3.08	1.16
4-21	121	1.79	1.13	4-44	195	3.05	1.07
4-22	134	2.42	0.92	4-45	57	2.30	0.41
4-23	63	2.52	0.42	4-46	240	2.87	1.39
4-24	285	1.30	3.65	4-47	161	2.27	1.18
4-30	196	1.55	2.11	4-48	197	2.92	1.12
4-31	207	2.50	1.38				

[표 3-5] 소유역별 수로배수 유달시간



[그림 3-21] 지면배수 유역의 지면상태 분류


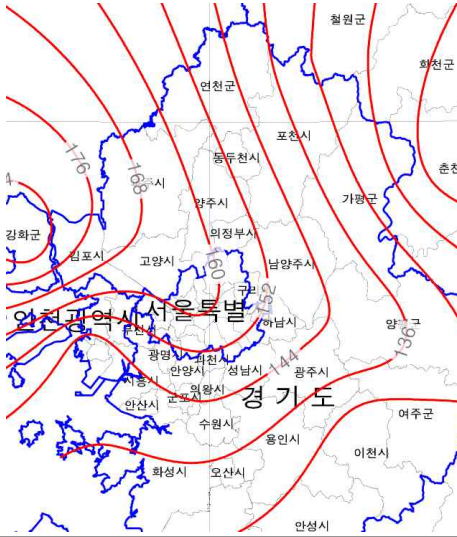
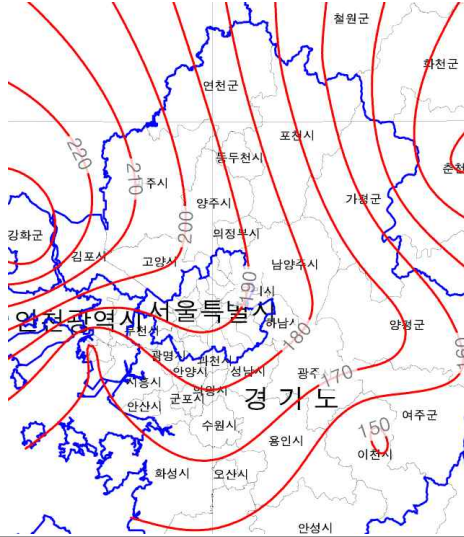
유역	유달시간(min)					합계
	포장면	비포장면	밀도가 낮은 초지	일반적인 밀도의 초지	밀도가 높은 초지 또는 수목	
						
4-1	18.7	-	-	-	-	18.7
4-2	15.6	11.8	-	-	-	27.4
4-3	13.3	12.8	-	-	25.5	51.6
4-4	-	10	-	-	-	10
4-7	5	5.2	10	-	-	20.2
4-8	-	-	21.4	-	-	21.4
4-9	-	10.9	-	-	21.3	32.2
4-14	5.2	-	6.4	-	15	26.6
4-16	9.2	-	21.7	-	-	30.9
4-18	5	-	15.9	-	-	20.9
4-25	5	-	13.6	-	-	18.6
4-26	5	-	-	-	-	5
4-27	5.1	-	-	-	-	5.1
4-28	5.3	-	-	-	-	5.3
4-29	5	-	13.4	-	-	18.4
4-37	5	-	13.6	-	-	18.6

[표 3-6] 지면배수 유역 유달시간

(3) 강우강도 선정

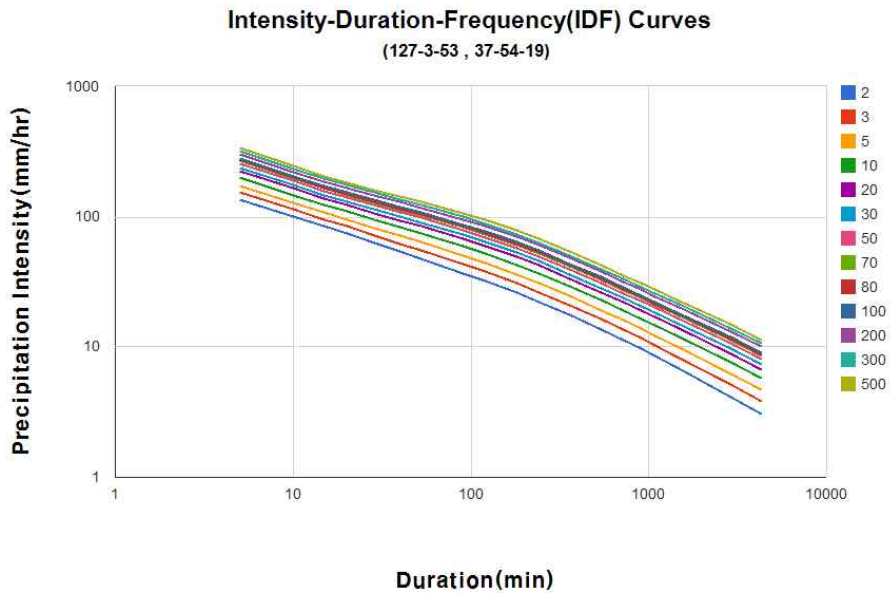
각 유역의 유달시간에 해당하는 I값인 강우강도를 선정하기 위해서는 최저 2년에서 최대 500년 사이의 재현기간 중에서 설계에 적용할 특정 재현기간을 선택해야한다. 이를 선정하기 위한 근거로 국토해양부에서 제공하는 강우량과 강우강도에 관한 자료를 참고했을 때 2011년에 집계된 동두천시의 실측 강우량이 1시간 최대 81mm(약 30년빈도로 추정), 3시간 최대 206.5mm(약 200년빈도 추정), 24시간 최대 449.5mm(약 100년빈도 추정)이었으며, 「기후변화를 고려한 도시방재성능 목표설정 방안연구(2010.11, 소방방재청)」에서 동두천시의 도시방재성능 목표중 장기계획으로 제시한 지속기간별 목표 강우량은 1시간 최대 100mm, 2시간 최대 145mm, 3시간 최대 185mm 이었다.

이 수치는 국토해양부의 확률강우량 자료를 기준으로 했을 때 100년 주기의 강우량에 가장 유사하므로 대상지의 지표유출수 분석에 대입할 강우강도 또한 100년 재현주기의 수치를 이용한다. 하지만 이 기준은 최대치의 목표량에 해당되는 것으로서 대상지의 현황에 비추어 설계가 불가능한 막대한 용량일 가능성이 있다. 하지만 이론상으로 더 이상의 침수 피해가 나지 않는 가장 이상적인 상황, 장기적인 침수대책을 완벽히 소화한 상태에서의 조건을 가장 궁극적인 목표지점으로 설정함으로서 이 연구를 통해 실제 설계안을 제안했을 때 설정한 목표치에 비교하여 어느 만큼에 해당하는 침수위험을 단계적으로 저감할 수 있는지를 분석하기 위해 100년 재현주기의 강우강도를 사용한다.

지속 시간	1시간	2시간	3시간
확률 강우량도			
도시방재 성능목표	100	145	185
예상 강우량	100	144~152	180~190

[표 3-7] 재현기간 100년 기준 예상 강우량과 도시방재성능목표 비교

[표 3-8] 강우강도 그래프



자료: 국토해양부

[표 3-9] 강우강도 표

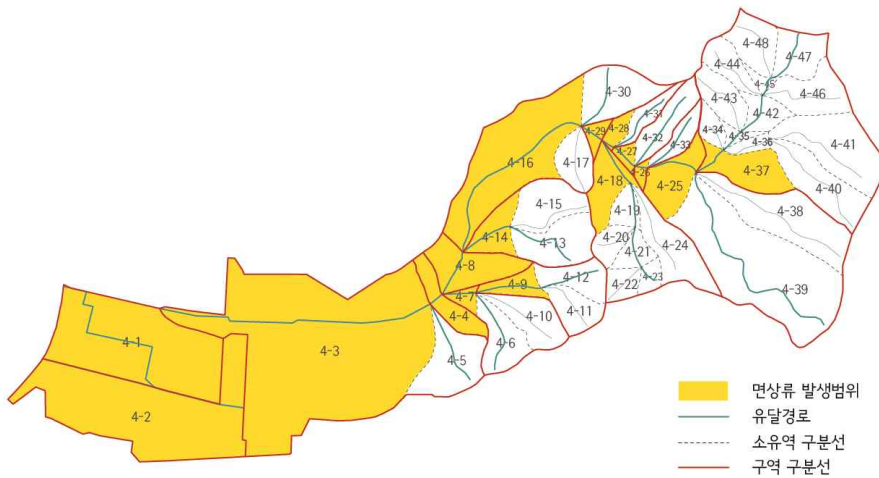
강우강도 표								
분류	5분	10분	15분	20분	30분	40분	50분	60분
2년	131.6	98.7	82.6	72.6	60.5	53.1	47.9	44
3년	149.4	111.4	93.3	82.3	69.1	61	55.4	51.1
5년	169.4	125.7	105.3	93.2	78.7	69.9	63.7	59
10년	194.2	143.5	120.4	106.9	90.8	81.1	74.2	68.9
20년	218.3	160.6	134.9	119.9	102.4	91.8	84.2	78.4
30년	232	170.5	143.3	127.5	109.1	97.9	90	83.9
50년	249.4	182.9	153.7	137	117.5	105.6	97.3	90.8
70년	261	190.9	160.6	143.2	122.9	110.7	102	95.3
80년	265.3	194.1	163.2	145.6	125.1	112.7	103.9	97
100년	272.6	199.3	167.7	149.7	128.7	116	107	100
200년	296.1	215.9	181.7	162.3	139.9	126.4	116.7	109.2
300년	309.7	225.6	189.9	169.8	146.5	132.4	122.4	114.6
500년	326.5	237.6	200.2	179.1	154.7	140	129.5	121.3

자료: 국토해양부

제공되는 강우강도값은 유달시간이 최저 5분이상 일 때 해당하는 값을 구할 수 있다. 5분 이하의 값을 구할 수 있다고 해도, 그러한 경우에는 유역의 범위가 매우 작고 설계시 해결해야할 유출수량이 미미하여 빗물을 관리하는 기능을 가진 시설을 갖출만한 효율이 나오지 않는다. 특히 수로배수에 의한 유역은 대부분의 유달시간이 5분에 못 미치기 때문에 세분화된 유역으로는 해당 강우강도값을 구할 수 없다. 따라서, 총 48개로 분화된 유역을 16의 구역으로 조합하였다.

조합방식은 작은 유역의 수계가 서로 만나는 지점을 중점으로 여러 갈래로 나뉘어진 소유역들을 한 단계 넓은 범위의 유역으로 분류하는 방법인데 유출수 분석지점을 포함하는 각 구역 내 가장 낮은 지점의 소유역은 모두 면상류가 발생하는 지면배수(Overland flow)에 속하는 유역이다.

유역이 합쳐졌기 때문에 서로 다른 방향의 여러개의 유달경로가 하나의 구역에 포함되게 되는 경우가 발생한다. 이 경우 구역 내 가장 높은 지점에서 가장 낮은 지점인 유역해석지점까지의 거리가 가장 먼 경우를 새로 조합된 구역을 해석하는 유달시간으로 선정한다. 따라서, 구역 3의 경우에는 4-3과 5, 구역 5는 4-6과 7, 구역 6의 경우에는 4-9와 12, 구역 8은 4-13과 14, 구역 9는 4-16과 30, 구역 10은 4-18,19,21,23, 구역 15는 4-25와 39, 구역 16의 경우에는 4-37,35,42,45,47에 해당하는 유달시간의 합이 강우강도를 선정하기 위한 각 구역의 유달시간이다.



[그림 3-23] 강우강도 적용을 위한 구역 분류

구역	유역	유달시간		구역	유역	유달시간	
1	4-1	18.7	18.7	10	4-24	3.65	23.8
2	4-2	27.4	27.4	11	4-29	18.4	18.4
3	4-3	51.6	53.8	12	4-28	5.3	6.7
	4-5	2.21			4-31	1.38	
4	4-4	10	10	13	4-27	5.1	6.7
5	4-6	2.23	22.4		4-32	1.58	
	4-7	20.2		14	4-26	5	6.3
	4-10	2.17			4-33	1.31	
6	4-9	32.2	33.3	15	4-25	18.6	23.8
	4-11	1.23			4-38	3.32	
	4-12	1.13			4-39	5.2	
7	4-8	21.4	21.4	16	4-37	18.6	22.2
8	4-13	2.04	28.6		4-34	0.48	
	4-14	26.6			4-35	0.83	
	4-15	2.04			4-36	1.24	
	4-16	30.9			4-40	2.26	
9	4-17	1.41	33		4-41	2.32	
	4-30	2.11			4-42	1.13	
	4-18	20.9			4-43	1.16	
10	4-19	1.36	23.8		4-44	1.07	
	4-20	1.08			4-45	0.41	
	4-21	1.13			4-46	1.39	
	4-22	0.92			4-47	1.18	
	4-23	0.42			4-48	1.12	

[표 3-10] 강우강도 적용을 위한 구역별 유달시간

(4) 지표유출수 분석

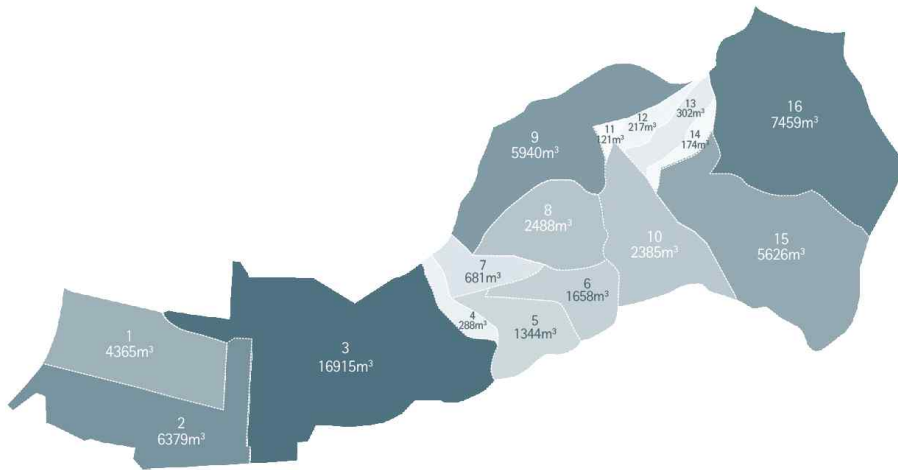
토지피복(C)에 따른 면적값(A)과 16개 구역으로 나누어진 유달시간을 기준으로한 재현기간 100년의 강우강도(I)자료와 100년 단위의 강우에 해당하는 선행강수량(C_A)인 1.25를 수정된 합리식에 대입하여 각 구역에서 발생한 지표유출수의 최대속도를 구했다. 지표유출수의 양을 결정하는 다양한 변수들이 이미 수식에 대입하는 C,I,A값에 이미 반영이 되어있기 때문에 Q는 수식에서 보여지는 그대로 면적과 강우강도에 비례하는 값으로 도출되었다. 하지만 지표유출수의 총 부피(=최대속도(Q)×강우지속시간(유달시간)×60sec/min)를 구하게 되면 이미 구해진 Q값에 다시 유달시간을 곱하기 때문에 최대속도값의 순서가 그대로 총 부피로 이어지 않는다. 이는 유달시간에 반영되어 있는 지표면 상태에 따른 배수형태가 총 부피 값에 반영이 되는 것으로 속도가 빠른 포장면이나 수로에 의한 배수거리가 긴 유역의 총 지표유출수량이 식재가 심어진 지면위로 천천히 배수되는 유역의 지표유출수의 양에 비해 월등히 많은 결과로 도출된다.

[표 3-12]에서 볼 수 있듯이 구역1과 2의 부피는 약 2000m^3 가까이 차이가 나지만 [표 3-11]에서 최대속도(Q)는 각각 $3.89\text{m}^3/\text{sec}$ 와 $3.88\text{m}^3/\text{sec}$ 로 거의 같은 양이었다. 구역 3과 16을 비교 해보았을 때, 최대속도는 구역 16이 더 높았지만 총 지표유출수 양은 구역 3이 16914.72m^3 로 구역 16의 2배를 넘어서는 양이고 이는 전체 16개 구역에 가장 많은 양이다. 그리고 구역 16이 7459m^3 , 구역 9가 5940m^3 , 로 그 뒤를 잇는다.

[표 3-11] 지표유출수 분석결과

지표유출수의 최대속도($Q=CC_{Ai}A$)							
유역			유달시간 (min)	강우강도 (100년)	면적		최대속도 (m^3/sec)
유역	구역	소유역			소유역 면적(m^2)	면적(ha)	
펌프장 배수유 역	1	4-1	18.7	154.38	72553.35	7.26	3.89
고지 배수 유역	2	4-2	27.4	134.16	83353.7	8.34	3.88
	3	4-3	53.8	104.34	128878.15	14.45	5.24
		4-5			15632.8		
	4	4-4	10	199.3	6945.3	0.69	0.48
	5	4-6	22.4	144.66	8942.9	2.00	1.00
		4-7			1648.35		
		4-10			9412.1		
	6	4-9	33.3	124.51	3663.3	1.91	0.83
		4-11			7343		
		4-12			8137		
	7	4-8	21.4	146.76	10379.3	1.04	0.53
	8	4-13	28.6	132.48	11007.95	3.15	1.45
		4-14			8512.4		
		4-15			12025.75		
	9	4-16	33	124.89	48370.6	6.91	3.00
		4-17			8607.55		
		4-30			12097.65		
	10	4-18	23.8	141.72	7451.2	3.38	1.67
		4-19			3223.35		
		4-20			3388.9		
		4-21			3860.75		
		4-22			4148.5		
		4-23			2577.5		
		4-24			9199.1		

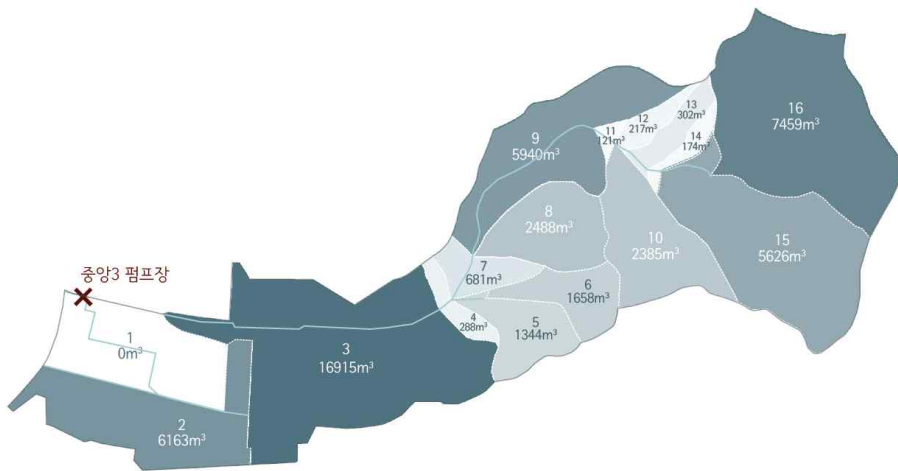
지표유출수의 최대속도($Q=CC_{Ai}A$)							
유역			유달시간	강우강도 (100년)	면적		최대속도 (m^3/sec)
유역	구역	소유역			소유역 면적(m^2)	면적(ha)	
고지 배수 유역	11	4-29	18.4	155.46	2067.65	0.21	0.11
	12	4-28	6.7	247.68	2133.85	0.63	0.54
		4-31			4143.6		
	13	4-27	6.7	247.68	1891.25	0.87	0.75
		4-32			6823		
	14	4-26	6.3	253.54	898.95	0.52	0.46
		4-33			4290.14		
	15	4-25	23.8	141.72	9495.75	8.01	3.94
		4-38			22250.5		
		4-39			48393.15		
	16	4-37	22.2	145.08	10433.25	11.11	5.60
		4-34			3376.45		
		4-35			1250.25		
		4-36			1383.5		
		4-40			26647.8		
		4-41			19764.5		
		4-42			4142.15		
		4-43			6945.65		
		4-44			6512.05		
		4-45			1312.8		
		4-46			11614		
		4-47			8672.2		
		4-48			9020.4		



[그림 3-24] 지표유출수 발생 예상도

우수저류시설 설계시 요구되는 최대용량(m ³)					
=최대속도(Q)×강우지속시간(유달시간)×60sec/min					
유역		부피	유역		부피
1	4-1	4364.58	11	4-29	121.44
2	4-2	6378.72			
3	4-3	16914.72	12	4-28	217.08
	4-5			4-31	
4	4-4	288	13	4-27	301.5
5	4-6	1344		4-32	
	4-7		14	4-26	173.88
	4-10			4-33	
6	4-9	1658.34	15	4-25	5626.32
	4-11			4-38	
	4-12			4-39	
7	4-8	680.52	16	4-37	7459.2
8	4-13	2488.2		4-34	
	4-14			4-35	
	4-15			4-36	
	4-16			4-40	
9	4-17	5940		4-41	
	4-30			4-42	
	4-18			4-43	
10	4-19	2384.76		4-44	
	4-20			4-45	
	4-21			4-46	
	4-22			4-47	
	4-23			4-48	
	4-24				

[표 3-12] 수식에 근거한 우수저류시설 최대용량



[그림 3-25] 펌프장 수용량을 제외한 지표유출수 발생 예상도

구역 1의 우수저류시설의 용량		
중양3 펌프장 용량		180m ³ /min
구역 1의 지표유출수 발생 조건과 동일한 조건에서 펌프장이 수용할 수 있는 최대 지표유출수의 양		3360m ³
유수지 용량		1220m ³
구역 1과 2에서 요구되는 저류시설 용량		
수식에 근거한 용량	구역1	0m ³
	구역2	6163.3m ³
실제로 요구되는 용량	구역1	0m ³
	구역2	0m ³

[표 3-13] 구역 1과 구역 2에 요구되는 우수저류시설의 용량

구역 3은 고지배수구역 전체에서 가장 낮은 지점에 해당하는 구역으로 구역4 전체에서 유달시간이 가장 길고 피복상태가 주거, 상업, 교통, 공지, 공공청사, 학교, 공원, 산지가 모두 포함되는 유일한 구역으로 완전히 도시화된 저지대와 산지부분의 중간에 위치한 연결지점이다. 시청과 동두천 중앙역이 위치하고 있는 구역이기도 하여 양쪽에 위치한 저지배수구역(구역1, 구역2)에 해당하는 지역과 고지배수구역에 포함되는 지역을 이분하는 역할을 하는 동시에 입구와 같은 역할도 한다. 또한 반복적인 침수피해를 입는 지역인 구역1과 2에 접해있고, 발생하는 지표유출수 양이 방대하기 때문에 이 구역 안에서만 발생하는 지표유출수 만으로도 저지대 침수피해 영향을 줄 수 있으며, 고지배수구역 내 더 높은 지점에 위치하는 지표유출수가 각각의 구역 안에서 해결되는 범위를 넘어설 경우에는 면상류로 흐르는 모든 지표유출수의 양이 모이는 마지막 지점에 위치하기 때문에 구역4의 침수피해의 정도를 좌우하는 중요한 역할을 한다.

따라서 구역 3을 설계할 때는 구역 내의 공간이 조직된 형태와 도시조직의 일부로서 작동하는 방식, 공간적으로 개선이 요구되는 사안, 주민들의 삶과 관련하여 공간설계로 증진시킬 수 있는 방향이 종합적으로 반영되어야 할 뿐만 아니라 지표유출수 관리의 핵심적인 역할을 하는 구역 중 하나로 우수관리가 되어야 한다.

펌프장구역에 해당하는 구역1과 구역2는 지상으로 지나가는 동두천중앙역을 기준으로 왼쪽에 해당하는 지역으로 집중강우시 침수피해가 발생하는 주거지역이다. 최근 수립된 펌프장 신설계획에 따르면 100년 기준 강우시 소화할 수 있는 지표유출수의 최대량이 3360m^3 이고 함께 설비되는 우수지의 최대 용량은 1220m^3 으로서 구

역 1에서 발생하는 유출수의 양을 모두 소화가능하고 구역 2의 기존배수관이 제기능을 하지 못할 시에 구역 1로 넘쳐 흐르는 양의 일부도 수용할 수 있는 여유용량이 있다. 게다가 구역 1과 2는 하천에 접해있는 지역이므로 수식에 의해 산출된 저류용량과 무관하게 지표유출수를 지표에 저류하는 시설을 부가적으로 설계할 필요가 없으며, 발생하는 우수를 어떤 방식으로 하천으로 내보낼 것인지가 중요하다.

따라서 구역 1과 2에 필요한 설계는 현재 하수관으로만 해결되고 있는 우수배수를 지표면 위에서도 가능하게 하여 고지배수로로 연결되어 하천으로 빠져나가는 제 2의 경로를 만드는 것이다. 현재의 하수관은 역류현상을 방지하기위해 고지배수로와 하수관의 연결을 막아 놓았는데 집중강우시 하수관이 제 기능을 못하는 상황이 닥칠 경우 국지적으로 침수피해가 일어날 수 있다. 하지만 지표면을 통한 우수의 운반이 고지배수로로 연결될 경우에는 하수관과 같은 역류의 위험이 없고 지표면에서 이루어지는 배수가 발생하는 모든 유출수를 운반하는 것이 아니라 일정량을 넘어서면 하수관과 함께 배수가 되기 때문에 설계시 설정한 최대 속도(Q)를 상당량 낮추는 효과가 있다. 그래서 구역 1과 2는 토질이 허용하는 범위에서의 투수성 트렌치나, 포장 또는 비 침투형의 열린 배수로, 주거단지의 흩어져있는 작은 규모의 자투리땅에는 빗물정원을 설계하여 최대속도를 낮추면서 하천으로 배수가 되도록 하는 방향의 설계가 필요하다. 이때 작은 규모로 흩어져 있는 자투리 공간을 이용함으로써 단순히 빗물을 저류하는 역할만 하는 기능적인 공간이 아니라 주거지역의 주민들의 소통을 촉진하는 외부공간 제공의 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

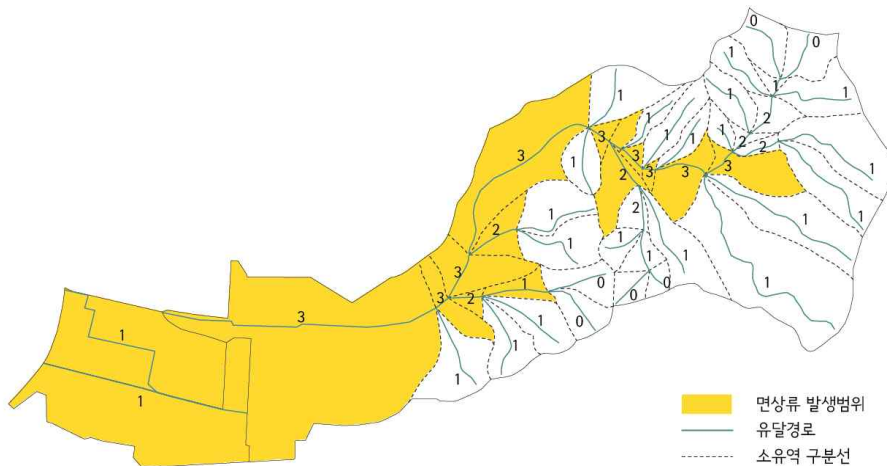
구역 9는 빗물의 흐름이 꺾어지는 위치에 있으며 구역 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16의 물줄기가 합쳐지는 지점이다. 구역 9 안에서만 발생하는 지표유출수의 양이 이미 5940m^3 으로 상당히 많은 양인데 상류의 7개의 구역이 합쳐져 내려올 경우에는 지표유출수의 양이 감당할 수 없을 정도로 불어나기 때문에 상류의 7개의 유역에서 어떤 방식으로 분산을 시켜 배출되는 속도를 저감시킬지에 대한 계획이 설계에 포함되어야 한다. 또한 빗물의 경로가 꺾이면서 퇴적되는 토사의 양이 다른 구역에 비해 많을 것을 예상되므로 침사지(sediment basin)가 함께 설계되어 우수배수가 원활하게 이루어질 수 있도록 해야 하는데 구역 16과 15의 물줄기가 만나는 유역 15의 유역해석지점에도 급한 산지의 경사가 갑자기 완만해지는 지점을 포함하기 때문에 우수유출을 방해하는 각종 이물질과 토사가 흘러들어 올 것으로 예상되므로 어느 지점에 침사지를 설계하는 것이 구역 9으로 연결되는 통합적인 설계에 더 장점이 있는지를 따져보아야 한다.

2. 수계분석

지표유출수 분석과정에서 나온 자료를 바탕으로 유역 4의 물 흐름 경로를 시작 지점에서부터 순서대로 번호를 부여하여 특정 범위 내에서 어떠한 생태적인 측면의 특성을 보이는지를 분석한다.

수로배수에 해당하는 영역은 고지대에서 물이 처음으로 흐르기 시작하는 지점들을 포함하고 있어서 모두 0또는 1번으로 분류되었고 0과 1번의 차이는 평소에도 물이 흐르는지의 여부에 따른 것으로 비가 내릴 경우에만 발생하는 지류는 0번으로 분류하였다. 이 지류들이 만나서 하나의 물줄기를 이루고 흐르는 영역들이 유달거리

분류에서 지면배수(Overland flow)에 해당하는 영역들로 모두 2번 또는 3번에 해당하고 적은 양의 물이지만 항상 집중강우시기 외에도 항상 물이 흐르는 영역으로 분류된다.



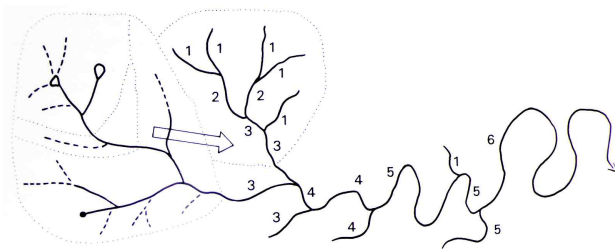
[그림 3-28] 수계의 분류

수계 분류에 참고한 Land Mosaic, Forman(1995)에서는 수계를 0에서 1번, 2번에서 4번, 5번에서 10번으로 3영역으로 분류하여 그 생태적 특성을 기술하고 있다. 이 내용을 분석에 참고하면 대상지의 주된 물의 흐름에 해당하는 2번과 3번에 해당되는 영역이 1. 높은 지대의 식생, 동물의 서식환경을 범람원의 식생과 환경을 연결, 확장하는 매개 공간 2. 상류의 물을 흡수하여 저지대의 침수를 최소화 하는 영역 3. 산지 경사의 침식을 최소화 하는 역할을 한다고 한다.

앞에서 나열한 생태적 영향력을 증가시키기 위해서 함께 요구되는 것이 이러한 영향력을 최대한을 발휘할 수 있게 하는 자연상태의 물 흐름 형태임을 함께 기술하고 있다.

[그림 3-27]은 가장 일반적인 형태의 2번~4번 영역의 물 흐름 형

태이고 이러한 형태가 유지되기 위해서는 곡선의 자연적인 형태를 수용하고 각종 침전물이 퇴적되는 영역도 확보가 되는 넓은 폭의 자연적 수로가 요구된다.



[그림 3-26] 발생순서에 따른 수계 분류

자료: Forman(1995)



[그림 3-27]

2~4변 수계의 형태

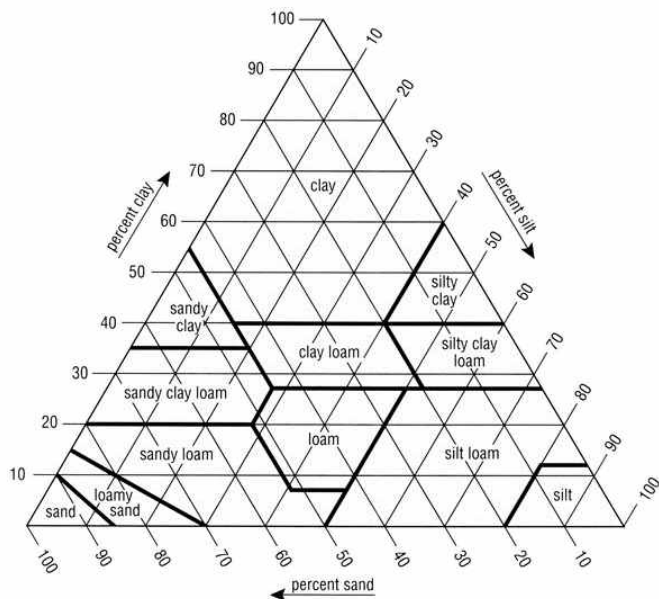
자료:Forman(1995)

이러한 사실에 근거했을 때 현재 대상지에 설비된 좁은 폭의 사각 수로에서는 기대할 수 없는 효과이므로 우수저감설계의 지속가능성 측면에서도 이러한 접근을 수용할 근거가 된다. 사례분석에 다루어진 싱가포르의 비산 양 모키오 공원(Bishan ang mokio park)이 이러한 관점의 설계로 침수문제를 해결한 실제 사례이다.

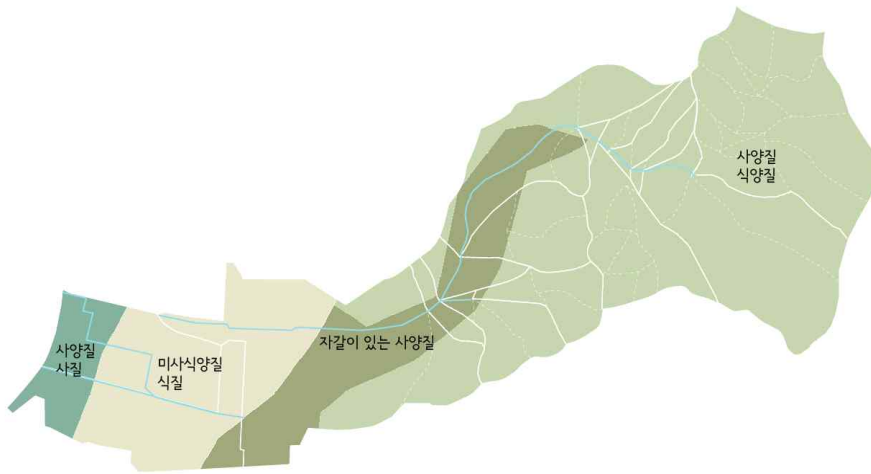
따라서 이 2번 3번에 해당하는 고지배수구역의 유달경로가 포함되는 영역은 본래 자연적으로 가지고 있는 우수저감 효과를 가능한 이용하는 것이 필요하기 때문에 빗물이 흐르는 전체 경로를 설계하는 과정에서 함께 할당된 용량을 임시저류시설이나, 영구저류시설 등의 우수저감시설을 보조적으로 이용한다는 개념으로 대상지를 설계한다.

3. 토양분석

우수저감설계를 위해서 이용되는 방식 중의 하나인 침투시설이 설계에 반영될 경우 대상지에서 주어진 토양의 조건이 투수가 가능한 상황인지를 판별해야한다. 대상지의 토양을 분석하기 위해 한국 수자원관리 종합정보시스템에서 제공하는 토양도를 이용하였고 [그림 3-29]처럼 대상지는 4개의 종류로 토양의 상태가 구분된다. 이 분류는 토양을 구성하고 있는 입자의 크기에 따라 모래, 점토, 실트로 구분했을 때 세 가지가 어떤 비율로 섞여있는지를 기준으로 구분한 것으로 [표 3-14]의 기준으로 분류되었다.



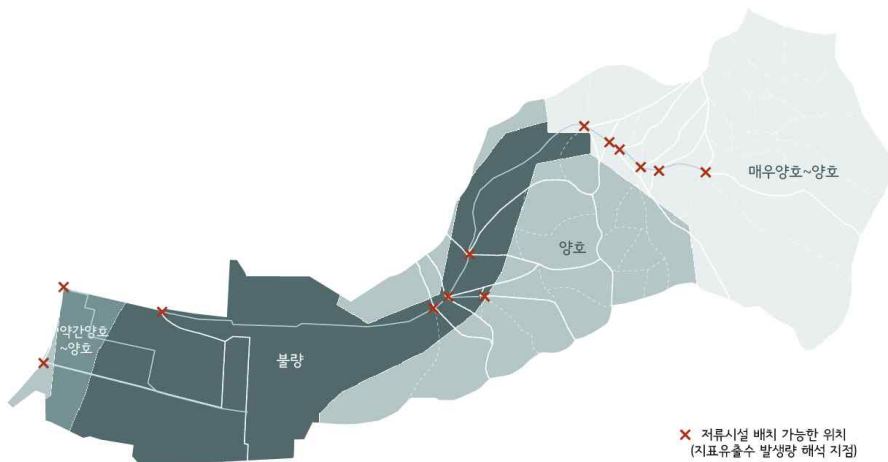
[표 3-14] 토양입자에 따른 분류 기준표



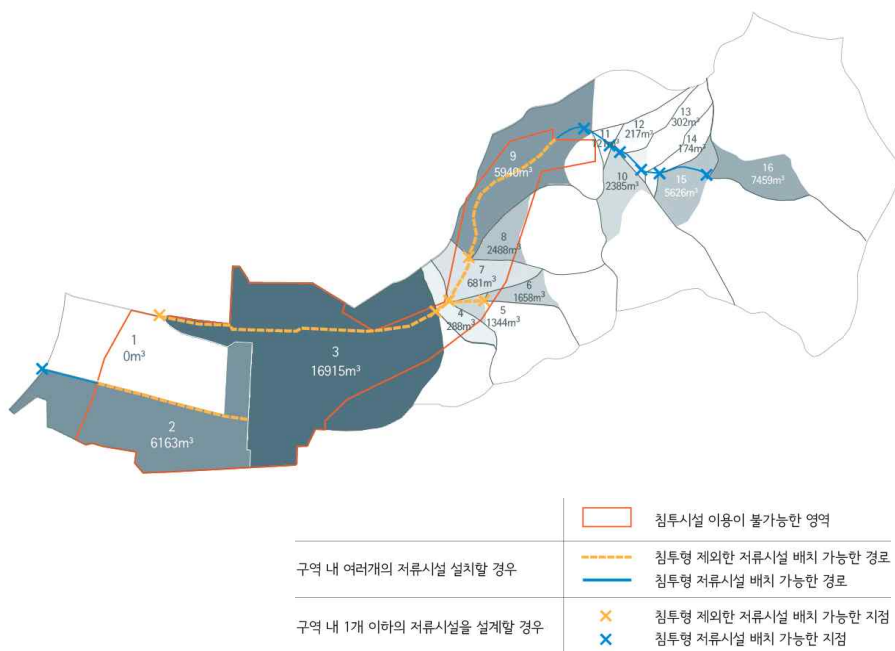
[그림 3-29] 토양입자에 따른 토양종류 구분도

대상지의 토양분류에 의하면 하천에 가장 인접한 영역의 토양은 사양질 또는 사질로 구성되어 있고 펌프장을 포함하고 있고 우측에 인접한 영역은 미사식양질 또는 식질, 고지배수구역의 유달경로를 따라서 분류된 영역은 자갈이 있는 사양질, 지대가 높은 산지지역의 토양은 사양질 또는 식양질로 구성되어 있으며, 이중에서 미사식양질 또는 식질, 자갈이 있는 사양질은 배수가 불량한 것으로 분류가 되어 침투시설을 설계하기에 부적합한 영역으로 분석되었다.

토목적 접근에서처럼 한정된 대지 안에 시설물 배치를 통해서 지표유출수의 용량을 맞추는 설계는 아니지만, 침수피해를 저감하기 위해서 저류기능을 가진 수공간을 설계에 포함시키는 것은 불가피한 과정이므로 수공간의 적절한 배치에 관해 분석하는 과정 또한 필수적이다.



[그림 3-30] 토양종류에 따른 배수능력



[그림 3-31] 배수능력에 따른 유역분석

[그림 3-31]는 이러한 목적으로 분석된 자료이다. 저류시설을 각 구역 내 1개의 저류시설이 필요한 경우의 배치 가능한 지점을 분석하고, 여러개로 분산시켜서 계획할 경우에 가능한 배치경로를 함께 표시하여 설계과정에서 함께 고려되어야 할 하나의 도면층으로 사용한다.

4. 소결

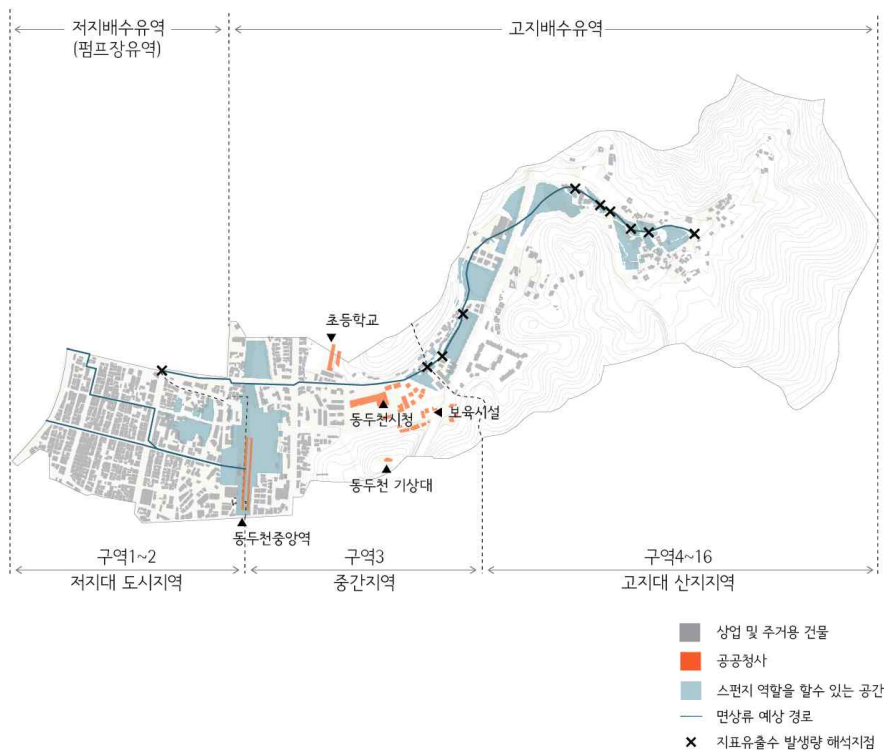
지표유출수 분석과정에서 나타난 결과에 따르면 피복상태에서 불투수면에 해당하는 부분 축소와 유달거리의 연장으로 인한 유달시간의 증가를 유도했을 때 유출수 발생 과정에 직접적으로 미치는 우수저감 방법임을 알 수 있었다.



[그림 3-32] 면상류 발생범위와 불투수면

또한 유달시간 분석과정에서 나타난 면상류 발생 범위를 통해 우수저감설계 기법을 적용할 범위 설정의 근거를 마련할 수 있었는데 이 범위는 지표유출수 발생에 영향을 주는 불투수면(교통, 주거, 상업)이 압도적인 비율로 차지하는 영역이고 공지의 비율 또한 높아 새로운 도시조직을 삽입하는 방식의 설계전략이 가능한 물리적인 공간범위를 확보하는 근거가 된다.

이 영역은 유역전체를 관통하여 저지대에서부터 고지배수유역까지의 영역을 차지하고 있는데 특성에 따라 저지대 도시지역과 중간지역, 고지대 산지지역으로 구분할 수 있다.



[그림 3-33] 면상류 발생 범위 분석

산지지역은 지형에 영향을 많이 받는 곳으로 산지의 급경사가 완경사의 대지로 이어지는 부분에 저류기능을 하는 공간과 퇴적물을 수용하는 시설이 필요하고 중간지역은 산지지형의 영향과 불투수면에 의한 영향을 동시에 받는 곳으로 고지대에서 흘러내려오는 물을 소화하는 스펀지와 같은 역할공간이 필요하며 이 공간은 공공적 특성을 띤 주변의 프로그램과 조화될 필요가 있다.

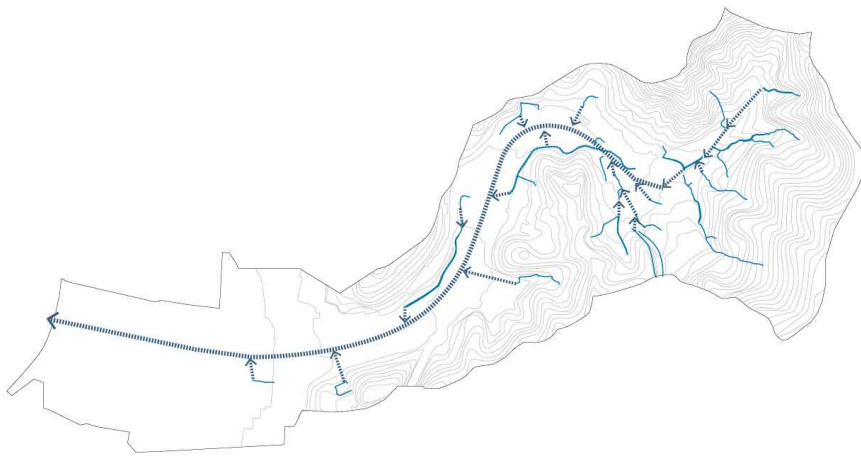
저지대 도시지역은 직접적으로 침수피해를 입는 지역으로 도시조직의 밀도가 높아서 큰 공간을 점유하는 방식의 우수저감 방식은 현실적으로 불가능하므로 가능한 배수상태를 원활하게 유지할 수 있도록 기존 합류식 하수관망을 보조하는 방식이 필요하다.

이처럼 영역별 특성에 따라 다른 전략을 필요로 하지만 다양한 여러 곳에 방식으로 산재된 우수저감기법의 효율을 높이기 위해서는 유역전체를 아우르는 시스템을 고안할 필요가 있다.

제4장 우수유출 저감 계획 및 설계

제1절 우수유출 저감 설계의 기본계획

1. 계획의 방향



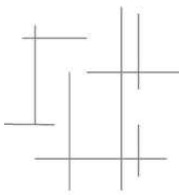
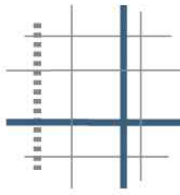

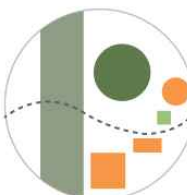


[그림 4-1] Bio-corridor의 컨셉

3장의 분석내용을 바탕으로 지표유출수 경로를 활용한 Bio-corridor를 설계한다. 이는 선형의 우수 저감 시스템으로 상류, 중류, 하류에 해당하는 각각의 공간적 특성에 따라 서로 다른 방식으로 기존 배수시스템을 보조하여 우수관리의 효율을 높인다. 또한 도시화로 단절된 고지대의 자연경관을 도시 내부로 끌어들여 선형의 오픈스페이스를 제공하고 다양한 고지대의 식생범위를 확장하여 지표유출수의 자연적 정화효과를 유도한다.

Bio-corridor는 단순히 수로 하나만을 의미하는 것이 아니라 인접한 주변을 포함하는 범위의 개념이다. 따라서 [표4-1]에서 처럼 새로

은 우수저감시스템, 공간위계 구축, 오픈스페이스 재구성을 목표로 설정하고 다방면의 목표를 달성하기위한 복합적인 전략을 6단계로 구체화한 기본계획을 제시한다.

계획영역	기존	설계방향
우수저감 시스템	Flash flood 	Sponge structure 
공간위계	Disconnected No Heirachy 	Connect, Define Heirachy 
오픈스페이스	Intentionless Indifferent 	New typology with nodes, places 

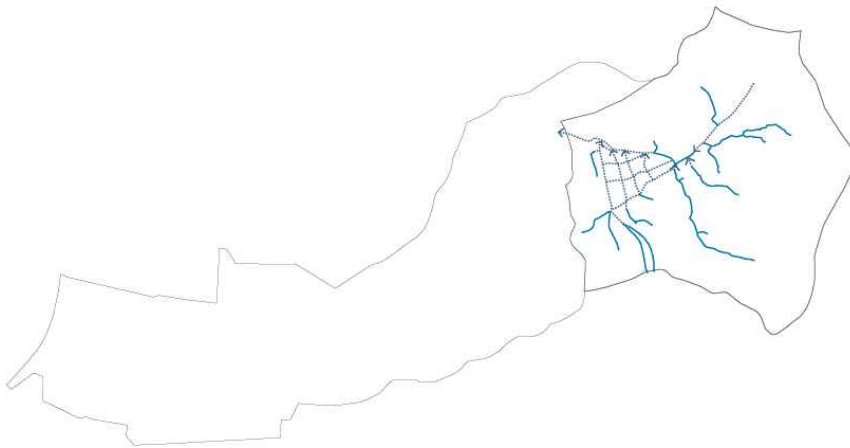
[표4-1] 계획의 방향

2. 기본계획

Bio-corridor의 개념이 구체성을 띤 설계안이 되기 위해서는 유역 내부의 상황이 반영된 구체적인 전략이 요구되며, 유역 전체를 포함하는 대규모이기 대상지인 만큼 장기간에 걸쳐 진행할 수 있는 단계적인 체계 또한 필요하다.

따라서 상류에 제안하는 땀기(Braiding), 중류와 하류에 적용하는 새로운 축 만들기(New Axis), 이어 붙이기(Stitching), 상호작용하는 조직 구성하기(Networking), 하류의 두텁게 하기(Thickening), 분산시키기(Decentralizing)의 총 6가지 전략을 제안한다.

(1) 땀기 (Braiding)



[그림 4-2] Braiding

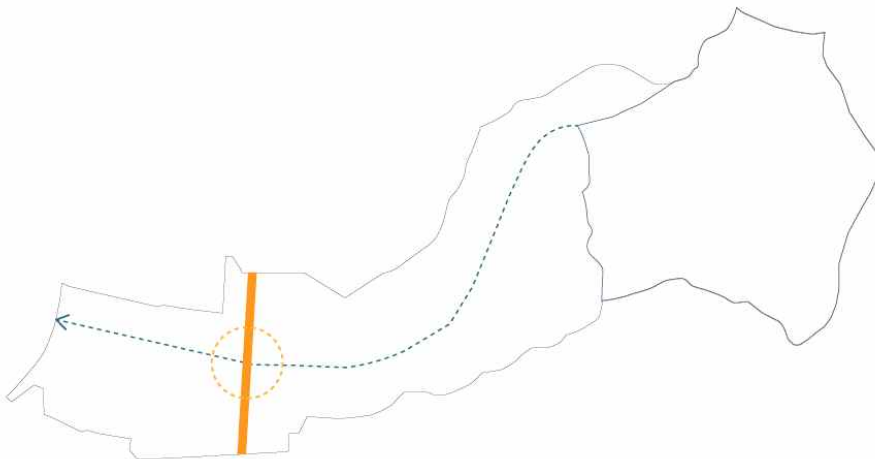
기존 우수처리 시스템이 제 기능을 발휘할 수 있도록 하기 위해 가장 우선적으로 행해져야할 전략이다. 이 전략은 유역 내 가장 높은 지대에 해당되는 것으로 지표유출수의 발생의 시작점을 포함하

고 직접적인 침수 피해가 없는 지역이지만 사방으로 높은 경사의 산지가 둘러싸고 있고 가운데 위치한 면상류 발생 예상범위의 경계 지점부터 완경사의 대지가 이어지므로 산지로부터 흘러내려오는 토사와 이물질이 퇴적되면서 배수 관망을 막을 가능성이 크다.

따라서 수로의 흐름을 잇고 그물망 같은 구조로 재구성하여 산지로부터 유입되는 물의 속도를 늦추는 동시에 퇴적물을 걸러내어 기존 배수계통의 막힘현상을 해결할 수 있는 방안을 제안한다.

이때 요구되는 우수저감기법은 영구 저류 연못(Retention pond), 투수형 임시저류지(Detention+Infiltration basin), 안정화 연못(Settling pond)으로 그물망형태로 분리된 각각의 전답지가 집중강우시 임시 저류공간 또는 영구 저류연못으로 활용된다.

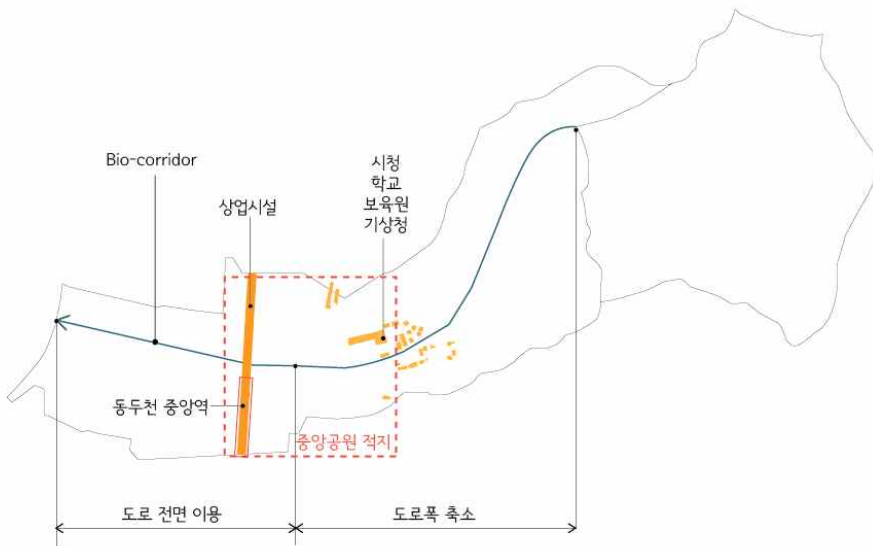
(2) 새로운 축 만들기 (New Axis)



[그림 4-3] New Axis 와 Node

이어지는 2단계의 전략은 1단계 전략을 통해 형성된 bio-corridor의 도입부가 중류를 지나 저지대로 이어져서 신천으로 유입되는 축을 만든다. 이는 생태저류수로(bio retention swale)의 개념으로 저류 효과와 오염도 저감효과가 있으며 무엇보다 지표유출수가 흐르는 경로를 자연형의 수로로 전환함으로써 직접적으로 유속을 늦추고 지표유출수의 증가를 줄이는 효과가 있다.

세로방향으로 가로지는 지하철 노선을 위한 교량은 현재 비어 있는 하부를 채워넣는 방식으로 건물을 설계하여 상업 및 공공의 축을 형성한다. 이때 세로의 축과 가로 축이 만나는 교차점에서 Node가 형성되어 도시공원을 포함하는 공공적, 상업적인 구심점으로 조성될 수 있다.



[그림 4-4] New Axis와 Node의 설계전략

이 전략은 유역을 관통하는 Bio-corridor가 우수조절을 위한 목적으로만 계획되는 것이 아니라 경제적인 측면에서 긍정적인 효과를

유도할 수 있는 경관적 요소로 활용되도록 하는 방안으로, 새로운 축을 통한 도시구조 정비 및 재조직의 효과가 있다.

현재 도로로 사용되고 있는 대지나 지하철 노선을 위한 교량이 지나가는 대지를 대상으로 하기 때문에 토지소유권에 관한 문제는 없으며 고지 배수유역에 해당하는 부분에서는 4차선~8차선의 도로 폭을 줄여서 최소 3m에서 최대 약 20m폭의 생태저류수로(Bio retention swale)를 조성하고 저지배수유역에 해당하는 범위에서는 도로 전체를 이용하도록 한다.

(3) 이어 붙이기 (Stitching)



[그림 4-5] Stitching

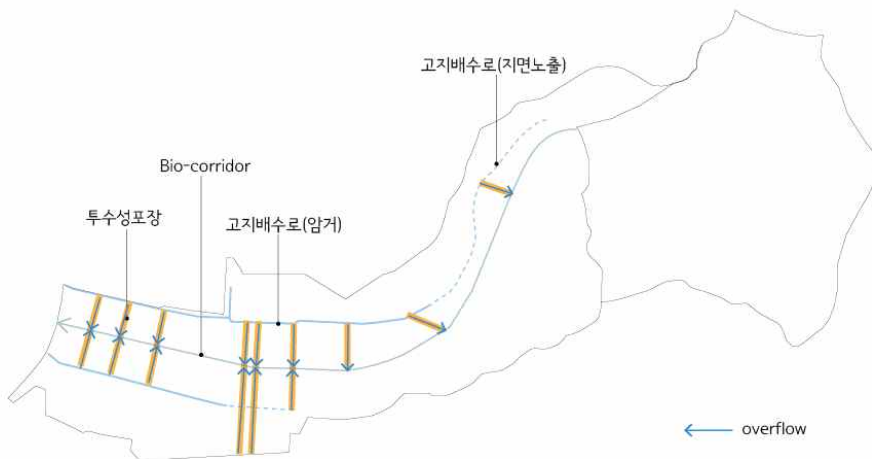
3단계에 해당하는 Stitching은 기존고지배수로와 Bio-corridor의 연결에 집중한 전략이다.

[그림4-5]에서 점선으로 표현된 수로는 암거된 고지배수로로 이어지는 수로로 [그림3-13]에서 확인 할 수 있듯이 상부가 열린 형태

이기 때문에 지표면에서 육안으로 확인 가능하다. 과거 집중강우시 유출수의 양이 수로가 수용할 수 있는 용량을 넘어서는 경우가 종종 있어왔으며 이 영역을 포함한 고지배수로 전반이 수로 내부에 퇴적되는 토사들로 인해 설계된 용량을 온전히 활용하지 못하는 경우가 많았다.

따라서 1단계 전략이 미치지 않는 다른 범위에서 퇴적물이 흘러들어와 고지배수로가 만만 될 경우를 대비, 집중강우시 넘치는 물이 Stitching에 해당하는 투수성 포장(Porous paving)도로를 통해 Bio-corridor로 유입될 수 있도록 한다.

이 경우 기존에 이미 도로로 사용되고 있는 대지를 대상으로 하기 때문에 토지에 소유권에 관한 문제가 없으며 비용적인 측면과 기술적인 측면에서 지원이 될 경우 실현성이 높은 전략이다.

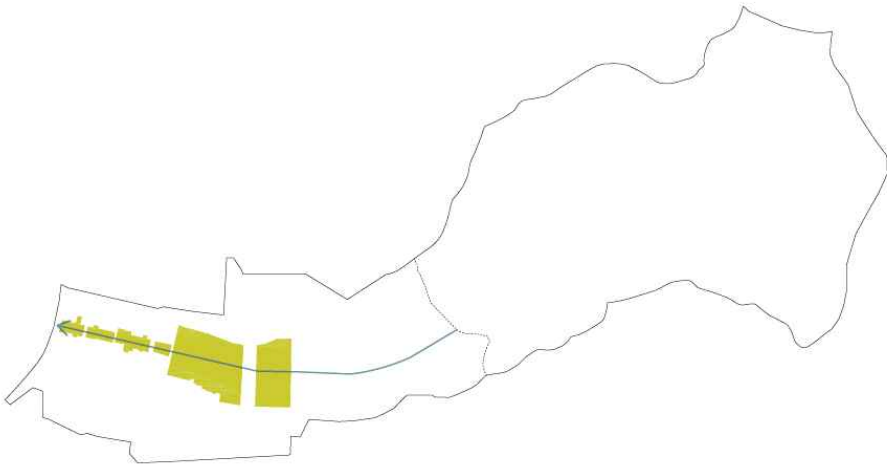


[그림 4-6] Stitching의 작동방식

(4) 두텁게 하기 (Thickening)

저지대 범위의 생태저류수로(bio retention swale) 주변으로 가용지를 확보하여 공원화를 시키는 방법으로 현재 지하철 역사를 가운데 두고 있는 대규모의 공지와 주변영역을 일부 포함하는 계획이다.

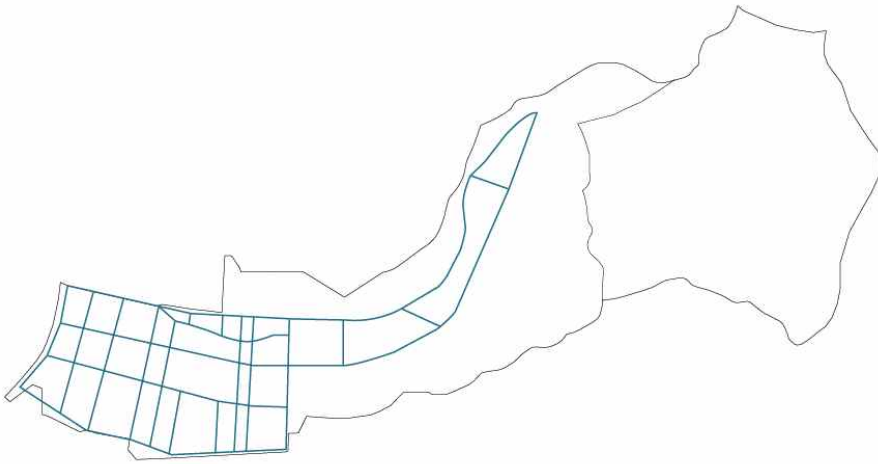
현재 도시조직의 높은 밀도로 인해 공간 확보의 어려움이 있을 것이라 예상 되지만 장기간에 걸쳐 토지소유권 문제를 해결한다는 조건으로 제안한다.



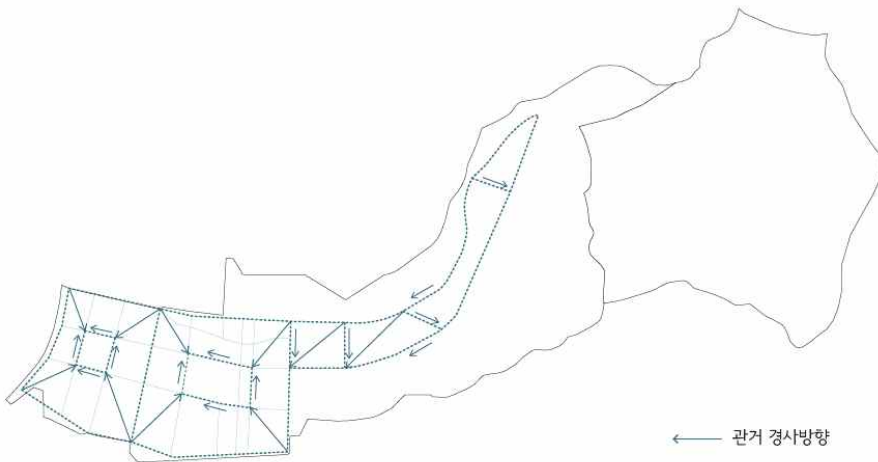
[그림 4-7] Thickening

이는 수공간을 포함하는 도시공원으로 조성되며 생태저류수로 (Bio retention swale)가 굽이치는 형태의 자연형 수로로 설계가 가능한 영역을 확보하고 이로인해 증가된 유달시간과 공원에 해당하는 피복면적 확대, 저류용량의 증가로 우수관리기능을 강화 시킬 수 있으며, 공원조성에 의한 경관적 측면에서의 개선 효과 및 도시지역의 경계에서 정화 비오톱(Cleansing biotope)의 역할을 하여 지표유출수가 지표면을 흐르면서 옅은 오염물을 제거 한다.

(5) 상호작용하는 조직 구성하기 (Networking)



[그림 4-8] Networking



[그림 4-9] 트렌치 설계 시 요구되는 경사 방향

유역의 전체 우수흐름을 조절하기 위해서는 관리를 위한 전반적인 조직이 필요하다. 이 전략을 대상으로 하는 대지들은 기존 도로와 보행로에 해당하기 때문에 소유권 해결에 관한 문제는 없지만 유역 전체에 해당하는 범위를 대상으로 하는 대규모의 사업이므로

앞에서 제안한 3단계의 전략이 먼저 실행 된 후에 점차적으로 진행 해 가는 방안을 제시한다.

제안하는 조직은 각 블록안에서 발생하는 지표유출수와 도로위에서 발생하는 지표유출수를 모으고, 집중강우시에는 기존 합류식 하수관에서 넘치는 물을 유입시켜 설계된 과정을 따라 균일하게 Bio-corridor로 흘려보내는 역할을 한다. 이는 정화 비오톱(cleansing biotope)의 개념이 적용된 트렌치로 보행로를 따라 선형으로 설계되며 지표유출수를 임시적으로 저류하는 기능과 오염도를 저감시키는 효과를 가지고 있다.

(6) 분산시키기 (Decentralizing)



[그림 4-10] Decentralizing

저지대에서 중앙공원과 직접적으로 연결되지 않은 블록들을 대상으로 하는 전략으로 기존의 하수관망에서 여러 방향의 관이 서로 교차하는 지점이나 막다른 길로 들어서는 위치, 또는 꺾어지는 지점

의 대지를 이용하는 전략으로 지면의 경사를 따라 흘러들어오는 지표유출수 이외에도 집중강우시 순간적으로 유압 및 유량이 급증하는 지점의 하수관내의 우수를 임시 저류하는 기능을 한다.

대체로 소규모의 공간으로 조성하지만 현재 공지보다 주택이나 상가가 들어서 있는 경우가 대부분이기 때문에 장기간에 걸친 소유권 해결의 문제가 따른다는 단점이 있으며 앞에서 제시한 5가지의 전략에 비해 부수적인 성격을 띠기 때문에 그 중요도가 상대적으로 약하다. 따라서 6가지의 전략 중 가장 마지막 단계로 배치하였으며, 이 전략의 효율성을 최대화하기 위해서는 반드시 5단계에 해당하는 Networking이 실행된 이후에 시도되어야 한다.

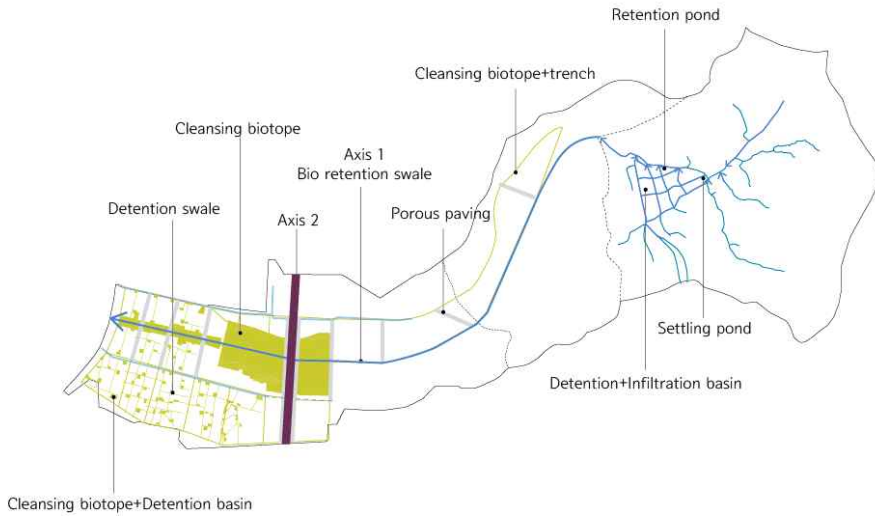
요구되는 우수저감기법은 정화 비오톱(Cleansing biotope)과 임시저류지(Detention basin)의 복합형, 우수가 저류한계를 넘어설 경우 지면을 통해 블록 가장자리의 트렌치로 배출될 수 있도록 하는 지면 배수로(Detention swale)이다.

3. 소결

제시한 6단계의 전략은 기존 배수계통을 유지한 상태에서 우수관리의 효율을 높이기 위한 것이므로 가능한 현재 지면 위에 드러나 있는 배수계통을 보완하고 암거되어 있는 합류식 하수관으로 유입되기 전 과정에서 개입할 수 있는 부분에 집중한다.

요구되는 설계기법은 총 9가지로 생태저류수로(Bio retention swale), 영구저류연못(Retention pond), 안정화 연못(Settling pond), 투수성 임시저류시설(Detention+Infiltration basin), 정화 비오톱(Cleansing biotope), 비오톱 트렌치(Cleansing biotope+trench), 임시저류 비오톱(Cleansing biotope+Detention basin), 투수성 포장(Porous

pavement), 지면 배수로(detention swale)이며 일반적으로 알려진 우수저감기법들이 대상지에 적합한 형태로 복합되고 수정되어 이용된다.



[그림 4-11] 기본계획에 따른 설계기법

6단계의 전략 모두 사업비 지출에 대한 현실적인 문제를 가지고 있으나 4, 6단계의 경우에는 토지매입의 문제가 개입되어 있기 때문에 소유권 문제가 오랜기간 동안 해결이 되지 못할 가능성을 가지고 있다. 따라서 일부 가능한 단계만을 조합하여 적용하는 방법도 고려 할 수 있도록 전략을 분리해서 여건이 확보되는 단계부터 시작하여 장기적인 계획을 가지고 진행 할 수 있도록 하였다.

제2절 우수유출 저감 설계

1. 공간 유형에 따른 우수유출 저감 설계

계획의 기본방향에서 다룬 6단계의 전략을 설계의 형태로 구체화 하였다. 유역 전반을 대상으로 전략들을 상, 중, 하 각 영역의 조건에 따라 발전시키는 과정에서 유역 내 표고, 유달 경로, 경사도 등에 따른 특성을 반영하였고, 각 영역이 가진 서로 다른 환경적 조건을 바탕으로 하여 6개의 서로 다른 전략이 어떻게 조합되고 상호작용을 할 수 있는지를 배치도와 단면도를 통해 제시한다.



[그림 4-12] 설계를 위한 구역 구분

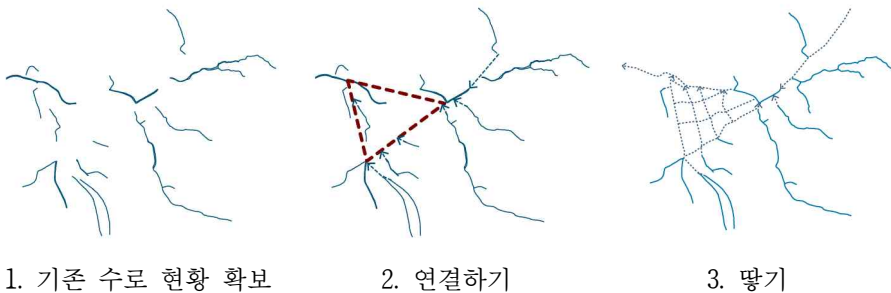
(1) 상류

분석과정에서 파악한 상류의 특성에 따르면 수계 0~2번까지의 지류들이 면상류 발생 예상 범위에서 만나 수계 3번을 형성한다. 이때 산지에서부터 내려온 지표유출수가 완만한 경사를 만나면서 운반해온 각종 이물질과 토사가 퇴적되고 기존의 배수계통으로 유입되어 막힘 현상을 유발한다. 따라서 이 구역을 설계할 때의 관건은

기존 배수관에 영향을 주지 않는 범위에서 어떤 방식으로 의도된 위치에 퇴적물을 안착시키고, 하류로 쏟아져 내려가는 물은 어떻게 일시적으로 저류하여 저지대의 하수관에 부과되는 하중을 줄일 것 인지가 중요하다.

특히 [그림 4-15]의 지표유출수 발생정도를 참고했을 때, 구역 10, 15, 16에 해당하는 영역에서 발생하는 총 15470m³의 지표유출수가 면상류 발생지점인 구역 11, 12, 13, 14에서 만나는 것을 알 수 있으므로, 면상류 발생범위에서 임시적으로 저류가 되는 공간들을 만들어서 속도를 최대한 줄이고, 저류된 공간 안에서 퇴적물을 침전시키는 방식의 설계가 요구된다.

이 때 만약 산지에서 흘러들어오는 물의 흐름을 모두 모아 한번에 해결할 수 있는 저류 공간을 만들 경우 깊고 큰 1개의 저류공간이 설계될 것이며 이 경우에는 저류지로 점유되는 대지가 온전히 저류공간으로만 기능하게 될 가능성이 커서 기존 대지의 프로그램이 완전히 삭제되는 상황이 발생한다. 하지만 유입되는 물의 흐름을 여러 갈래로 분산시켜 여러 곳에 소규모의 저류 공간을 만들 경우에는 대상지의 기존환경을 유지한 상태에서 우수관리 시설과 연관된 새로운 프로그램이 추가되는 방향으로 설계가 가능하다.

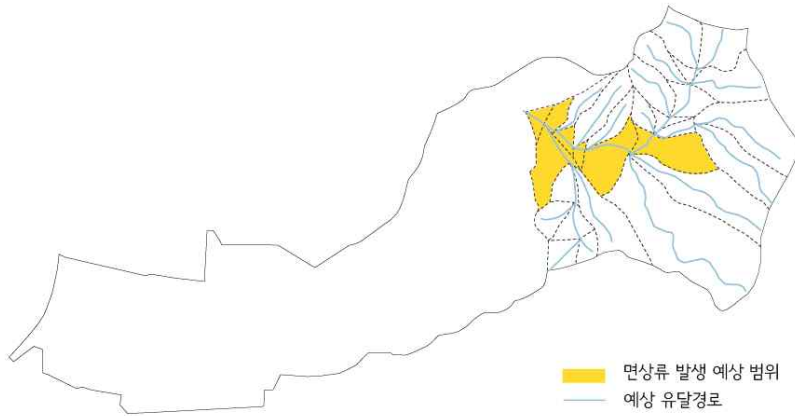


[그림 4-13] 세부 설계 전략

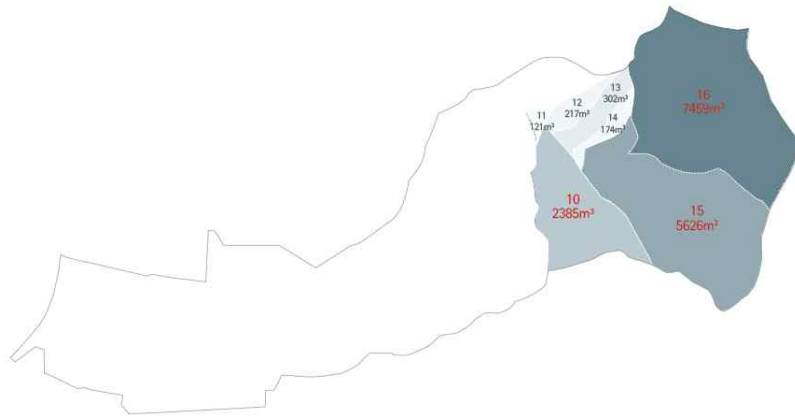
따라서 상류지역의 수계가 3번의 흐름을 형성하기 전에 의도적으로 장애물을 배치하여 물의 흐름을 쪼개는 방법을 사용하였는데, 이 때 의도적인 장애물이란 새롭게 구축되는 마을 구조로 [그림 4-16]에서 삼각형의 범위에 해당하는 영역을 재구성한 것이다. 이 삼각형 영역을 거치면서 유입되는 지표유출수의 지류들이 수계 3번을 형성하기 전인 1번과 2번 상태의 분산된 흐름을 유지하다가 삼각형 범위 안으로 들어서면서 유입된 지류가 한차례 다시 분화한다.

삼각형 영역안의 새로운 마을구조는 현재 대상지가 갖추고 있는 기반시설의 형태를 바탕으로 한 것으로 기존의 마을 구조와 보행로의 형태를 보완하고 수정하여 설계한 것이다. 주로 끊어지고 단절된 부분을 이어주는 방식을 이용하여 그물망과 같은 형태로 구성 하였다.

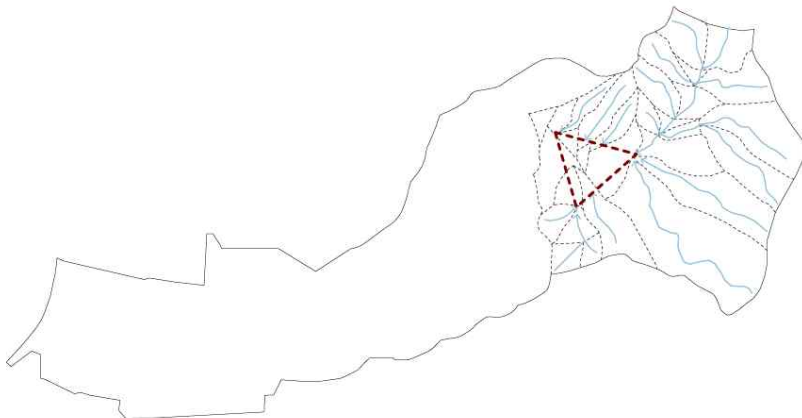
설계범위에 해당되는 대지는 현재 도시농업으로 이용되고 있는 전답지이며, 주변에는 주택들이 산재해 있는 곳으로 유역 전체에서 밀도가 가장 낮은 영역이다. 현재 예정된 사업계획이 없을 뿐만 아니라 도시 내에서 농업이 일어나고 있는 대지가 침수 위험을 줄이는 요소로 기능하고 있으므로 현재의 프로그램을 최대한 유지한 상태에서 비가 올 때에만 일부 저류공간으로 활용될 수 있도록 설계 하였다.



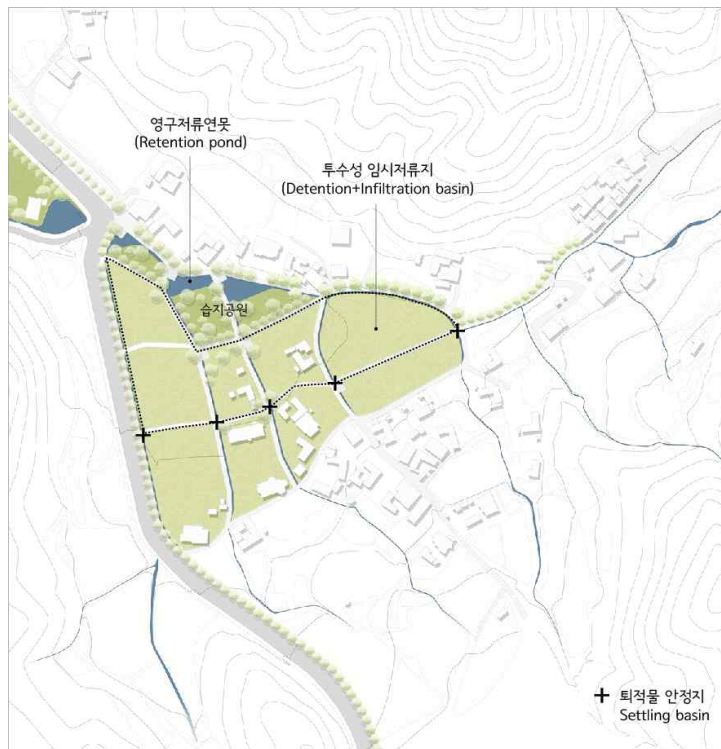
[그림 4-14] 상류 현황



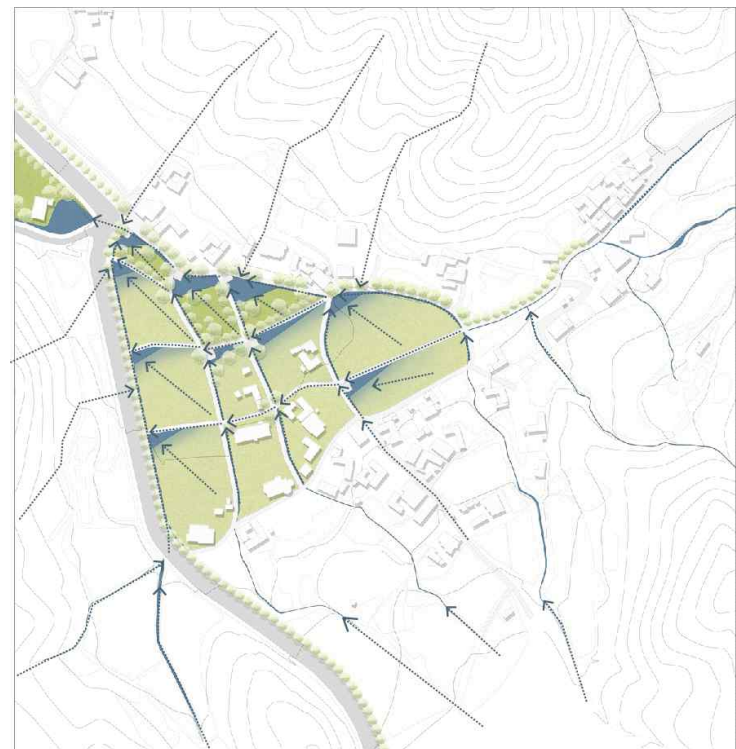
[그림 4-15] 지표유출수 발생량



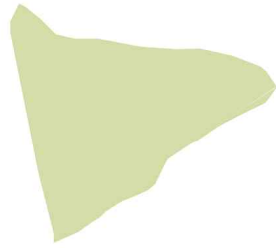
[그림 4-16] 상류 설계 전략



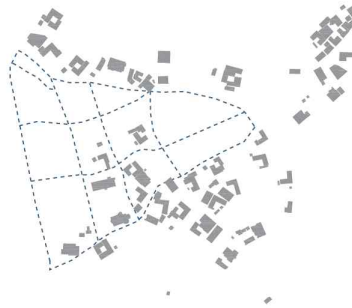
[그림 4-17] 상류 배치도



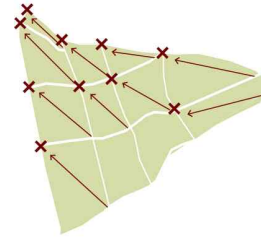
[그림 4-18] 집중강우시 상류의 우수흐름



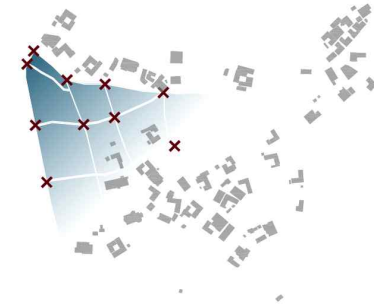
1. 기존의 도시농업 대지



2. 그물망 형태의 동선

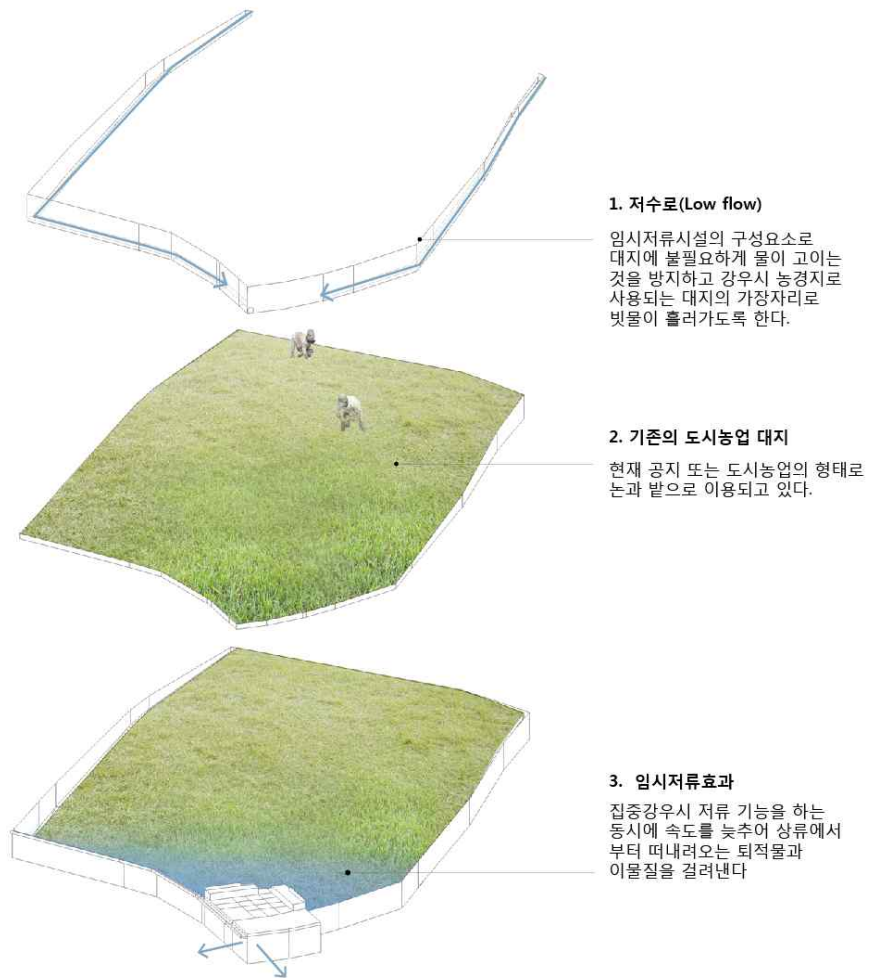


3. 분할된 대지의
최저점 설정

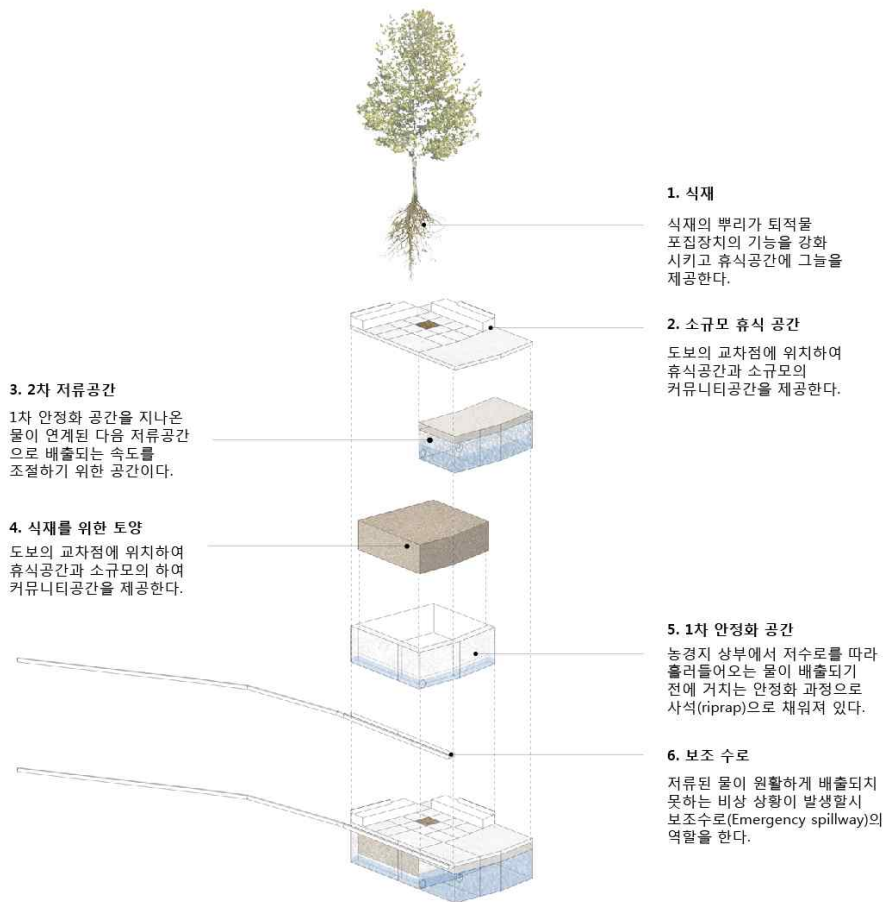


4. 집중강우시 임시저류효과

[그림 4-19] 공간 구성 방식



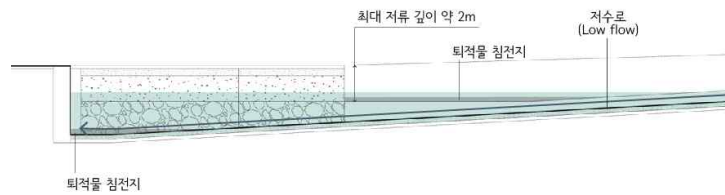
[그림 4-20] 투수성 임시 저류지의 구성



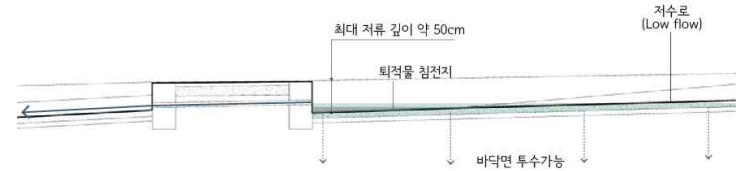
[그림 4-21] 우수 배출 조절 장치(outlet structure)의 구성



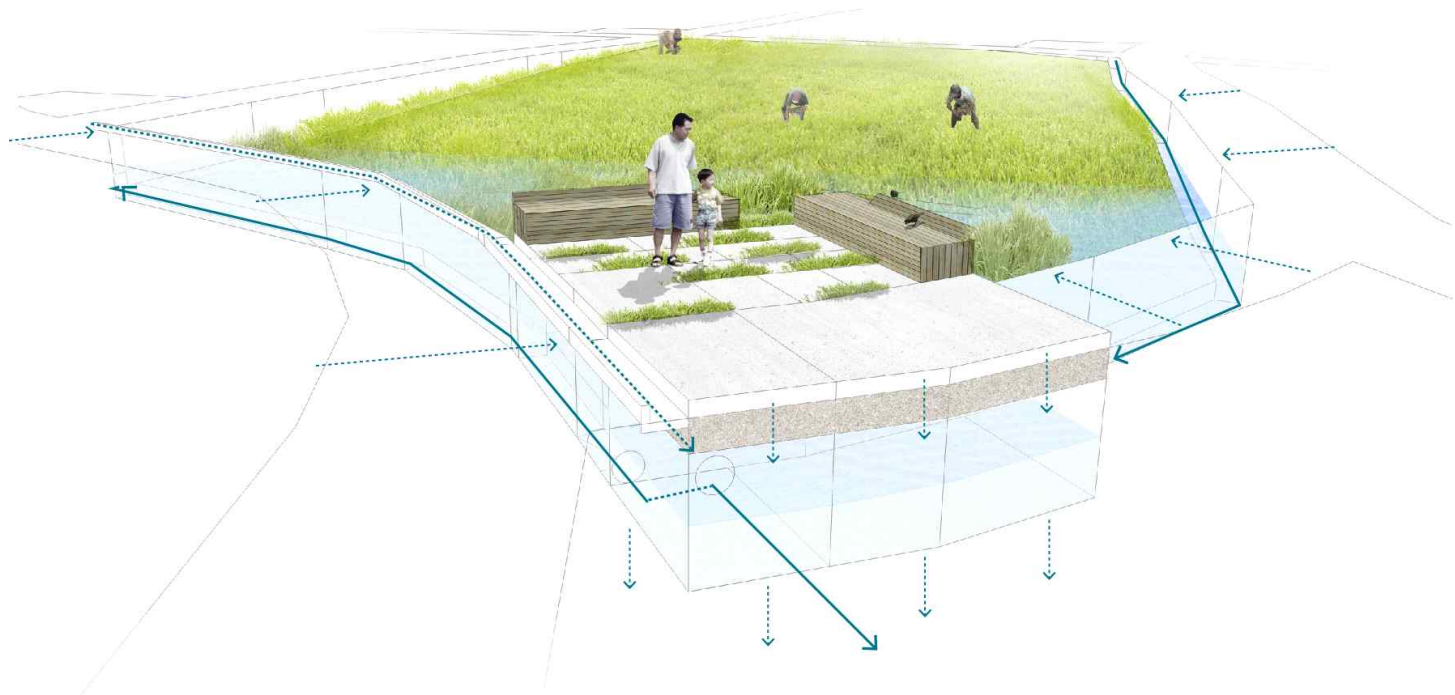
[그림 4-22] 상류 단면도 A-A'



[그림 4-23] 상류 단면도 A-A' 세부 1



[그림 4-24] 상류 단면도 A-A' 세부 2



[그림 4-25] 투수형 임시저류지 투시도

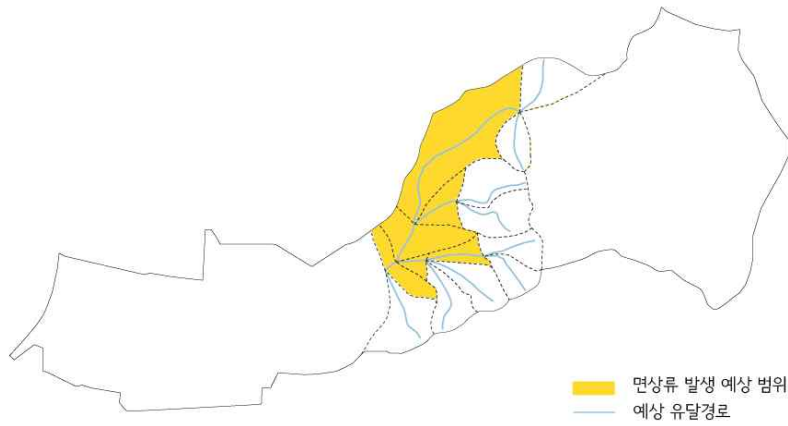
(2) 중류

지표유출수 분석과정에서 나타난 특성에 의하면 상류에서 흘러온 유출수의 흐름이 커브형태로 꺾이는 것을 알 수 있다. 이 때 [그림 4-21]에서 장거리의 유달경로를 가지는 구역9가 약 2.5%의 완만한 경사도로 구역7로 연결되는데 배수가 원활하지 못할 경우 5940m^2 에 이르는 막대한 양의 지표유출수가 발생한다. 따라서 구역 9에서 우수가 운반될 때 주된 수로와 보조하는 수로를 함께 계획하여 유출수의 양을 서로 분담할 수 있도록 하고 상류의 물이 중류로 유입되는 경로에 유출수가 저류될 수 있는 공간을 확보한다. 구체적인 설계전략은 [그림 4-28]에서처럼 수계 1번에 해당하는 지류들이 2번~3번의 흐름을 형성하기 전에 생태저류수류(Bio retention swale)로 유입시키는 방법을 취한다. 이는 Bio-corridor의 중앙 수로에 해당하는 공간으로 단면의 구성을 보면 오염물 정화에 효과가 있도록 한 여러 겹의 층으로 나누어져 있는 것을 확인 할 수 있다.

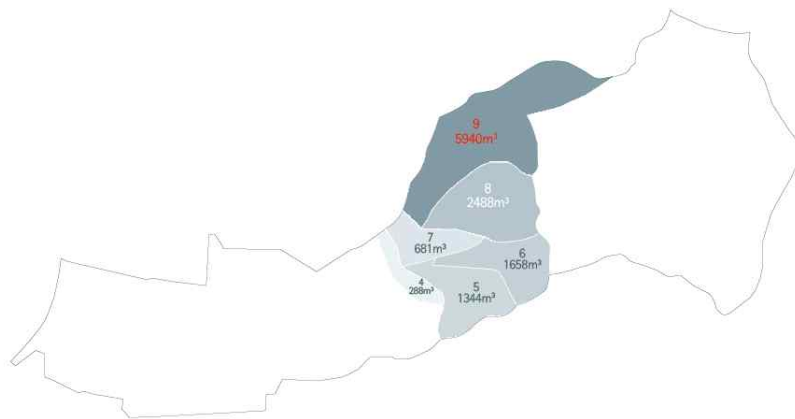
생태저류수로(Bio retention swale) 상류에서 바로 이어지는 부분에서는 습지공원을 배치하여 물의 흐름이 꺾이면서 발생하는 퇴적물을 수용하고 구역9에서 발생하는 지표유출수의 저류공간을 확보한다. 이는 상류의 습지공원의 연장선상에 있는 계획으로서 자연적 수로 형태와 둔덕을 이용하여 상류와 같은 땀은(Braided)형태의 공간을 설계, 유속 저감과 유출수 저감의 효율을 높인다.

습지공원에서 저지대로 연결되는 선형의 생태저류수로(Bio retention swale)의 경우에도 구역 9에 해당하는 영역에서는 가능한 넓은 폭으로 설계하는데 수로의 양쪽을 따라 확보되는 공간을 활용하여 공원화 한다. 또한 고지배수로로 연결되는 상부가 열린 형태의 배수로는 현재 오염도가 높고 각종 이물질이 수로로 유입되어 저지

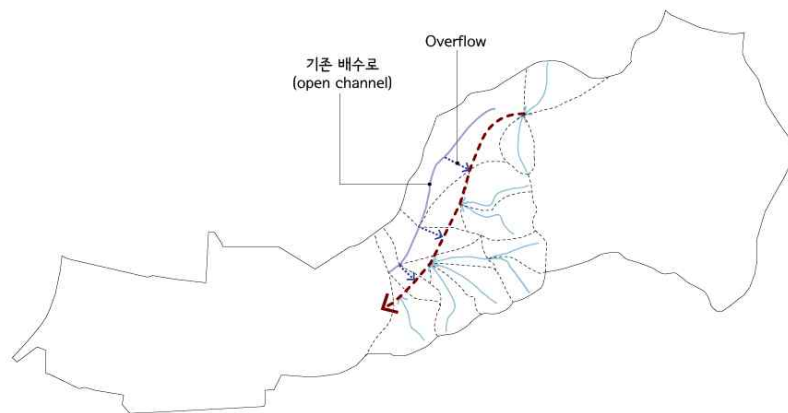
대로 이어지는 유출수의 흐름을 방해하기 때문에 정화 기능을 하는 투수성 수로로 보완하여 집중강우시 넘치는 물이 연결된 투수성 포장도로를 따라 생태저류수로(Bio retention swale)로 유입되도록 하여 보조수로로 기능한다.



[그림 4-26] 중류 현황



[그림 4-27] 중류 지표유출수 발생량



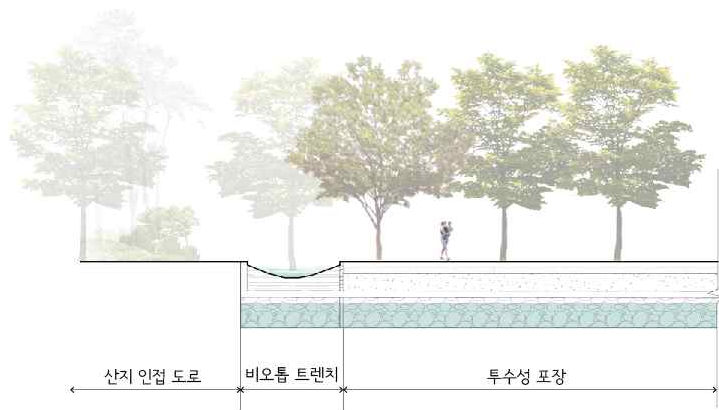
[그림 4-28] 중류 설계전략



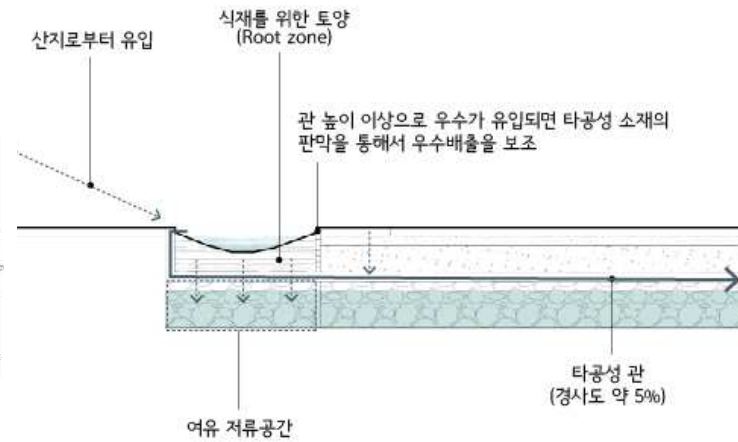
[그림 4-29] 종류 배치도



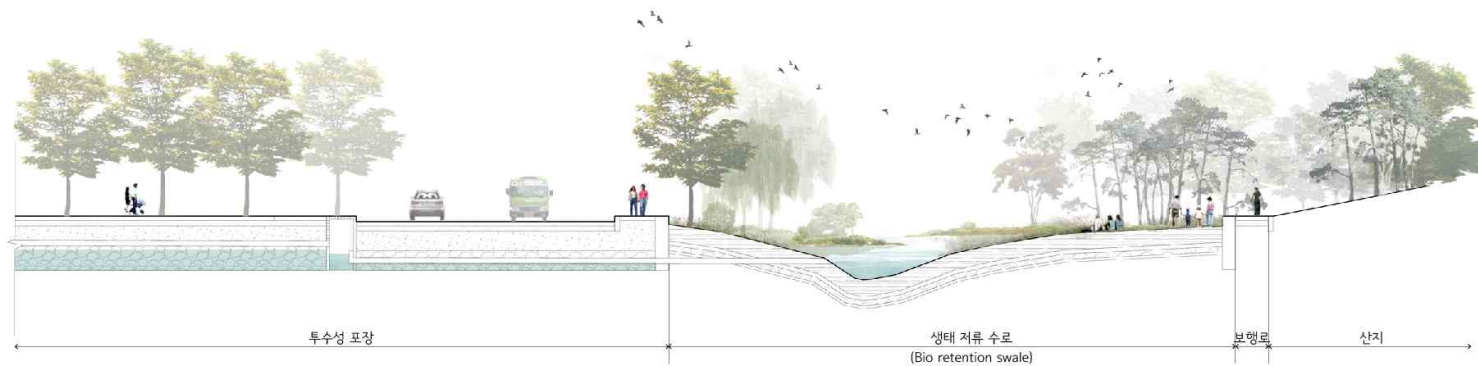
[그림 4-30] 집중강우시 우수흐름



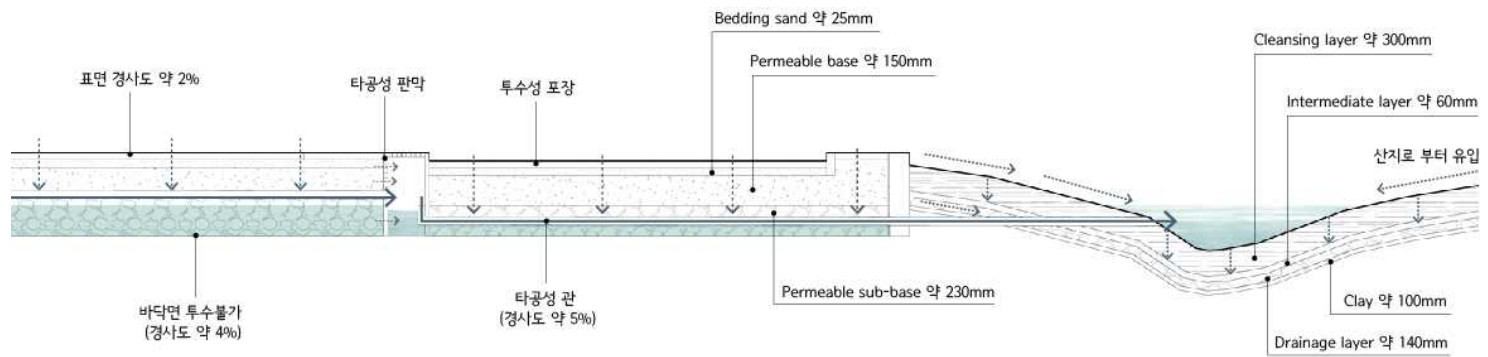
[그림 4-31] 중류 단면도 A-A'



[그림 4-32] 중류 단면도 A-A' 세부



[그림 4-33] 중류 단면도 B-B'



[그림 4-34] 중류 단면도 B-B' 세부

(3) 하류

하류에 해당하는 거의 모든 면적이 면상류 발생범위에 해당하고, 유역 내에서 가장 많은 양의 지표유출수를 발생시키는 구역 3을 포함한다.

하류는 직접적인 침수피해를 입는 지역으로 하수관의 용량미달로 인한 역류현상에 주로 피해를 입는다. 따라서 역류현상을 수용할 수 있는 단계적인 배수시스템 계획이 필요한 영역이다. 이로써 하류 지역에 제안하는 Bio-corridor의 설계는 우수의 흐름을 3단계에 걸쳐서 관리하는 시스템을 갖추고 있다.

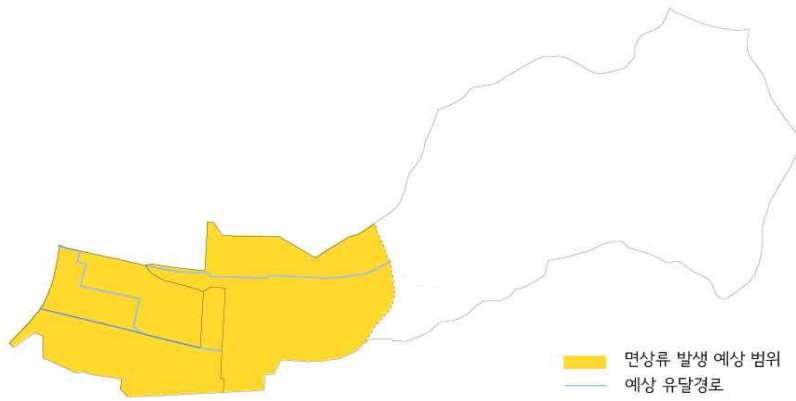
비가 내릴 경우 블록 안에서 발생한 지표유출수는 지표면 수로를 따라 임시 저류 비오톱(Cleansing biotope+Detention basin)에 1차적으로 유입된다. 이 임시 저류 비오톱은 임시저류시설의 원리와 정화효과가 있는 비오톱의 원리가 복합된 것으로 기능적인 측면에서는 빗물정원과 유사하지만 투수성이 좋은 토양에 계획되는 빗물정원과는 다르게 임시저류 비오톱은 비침투형 시설로 배수가 원활하지 못한 대지에 임시적으로 물을 채웠다가 서서히 배출시키는 방법에 중점은 둔 설계이다. 주로 기존 하수관망이 교차하는 지점이나 막다른 길로 들어서는 지점에 배치하였는데, 블록 내부에 그물망의 형태로 퍼져 있기 때문에 공원형태의 소규모 커뮤니티 공간으로 설계 가능하며, 집중강우시 발생하는 유출수의 양이 하수관의 수용량을 초과할 경우 배수관 내부의 수압에 의해 넘치는 물이 임시저류 비오톱으로 유입된다.

두번째 단계는 블록의 가장자리를 따라 설계된 비오톱 트렌치(Cleansing biotope+Trench)이다. 이 또한 투수형 트렌치의 변형으로 구조와 원리는 유사하지만 바닥면의 투수성을 최대한 배제하고 배

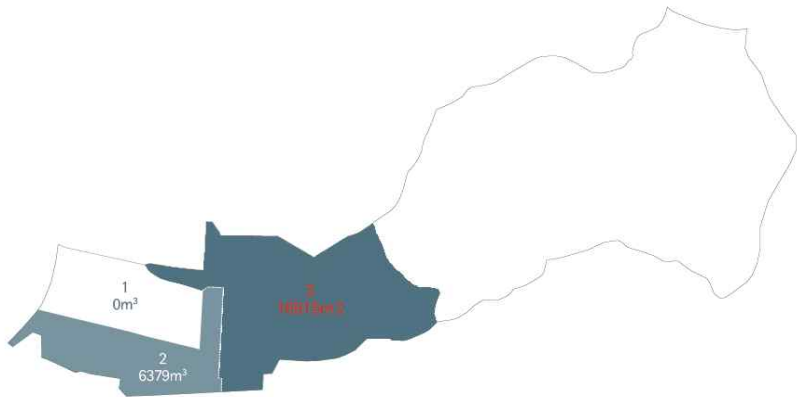
수를 보조하는 관을 매설함으로써 물을 임시로 저류했다가 서서히 배수시키는 구조를 가지고 있다.

블록 내부에 위치한 임시저류 비오톱에서 1단계 정화된 물은 2단계로 트렌치의 배수관과 배수 층(Drainage layer)을 거쳐 3단계에 해당하는 생태 저류 수로로 유입된다. 이 과정에서 도로 표면으로부터 유입되는 오염된 우수는 비오톱 트렌치를 통해 정화된 후에 생태 저류 수로로 연결된다. 비오톱 트렌치의 경우에도 임시 저류 비오톱처럼 집중강우시 기존 하수관망에서 넘치는 물이 유입되도록 설계되었는데 이 때 하수관망은 도로를 따라 매설된 관에 해당한다.

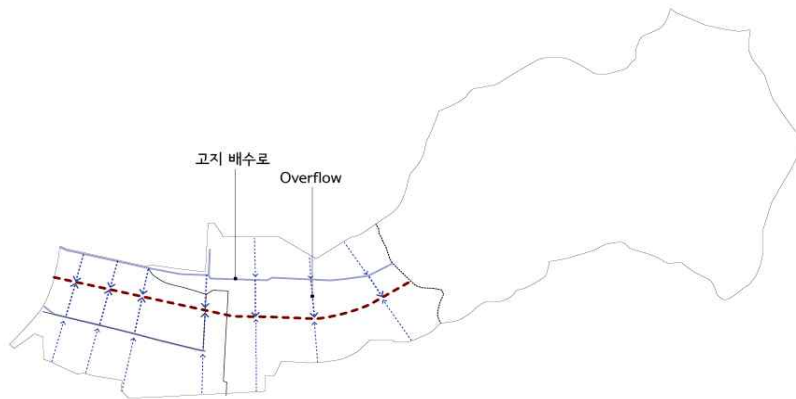
마지막 단계로 비오톱 트렌치를 거친 물은 bio-corridor의 중심축인 생태 저류 수로(bio retention swale)로 유입이 된다. 수로의 양쪽 가장자리를 따라 비오톱 조성 범위를 확보, 도시지역과 중앙공원의 경계에 배치한다. 이는 생태저류수로로 유입되는 지표유출수의 수질 관리와 범람원 확보를 위한 것으로 공원의 친수성 증진의 효과가 있다. 따라서 비오톱으로 조성된 범위는 집중강우시 우수가 저류되는 공간으로만 쓰이는 것이 아니라 테라스나 전망데크 등의 설계를 통한 각종 공원 프로그램의 소화가 가능하다.



[그림 4-35] 하류 현황



[그림 4-36] 하류 지표유출수 발생량



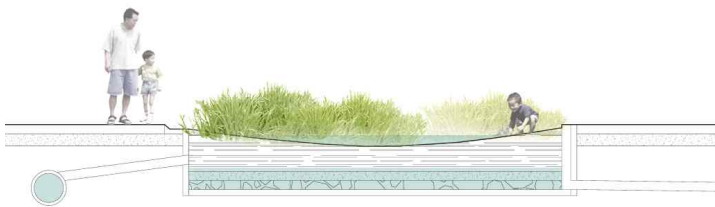
[그림 4-37] 하류 설계 전략



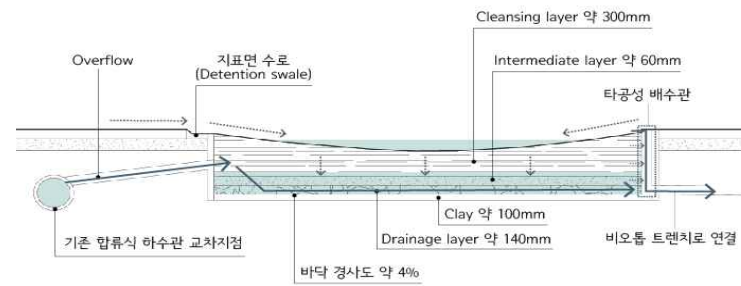
[그림 4-38] 하류 배치도



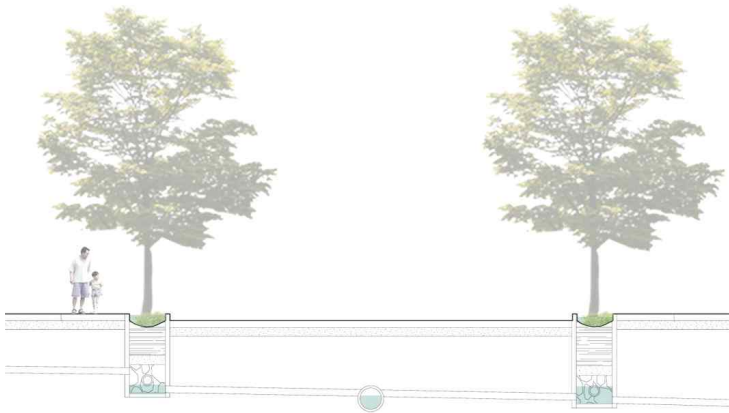
[그림 4-39] 집중강우시 하류의 우수흐름



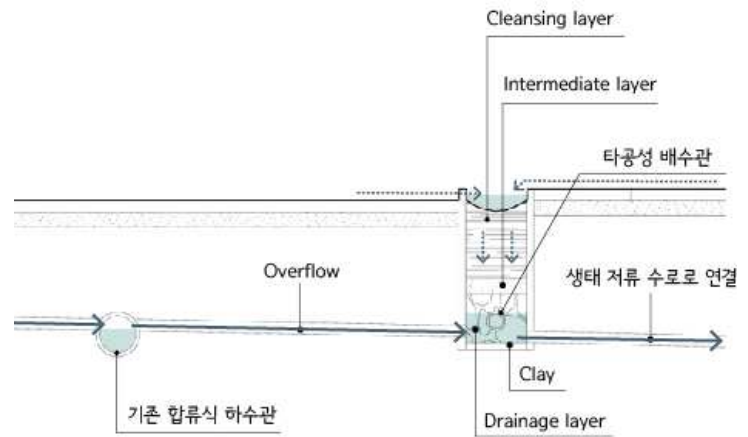
[그림 4-40] 임시저류 바이오톱: 단면도 A-A'



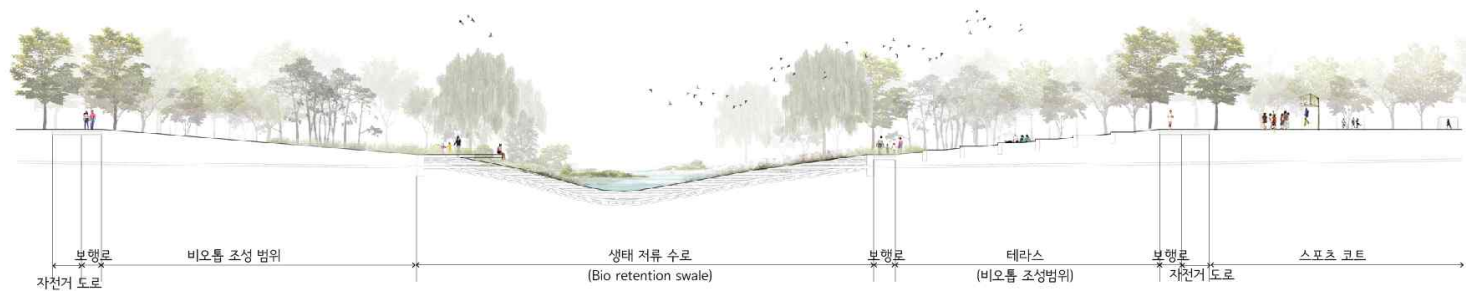
[그림 4-41] 임시저류 바이오톱: 단면도 A-A' 세부



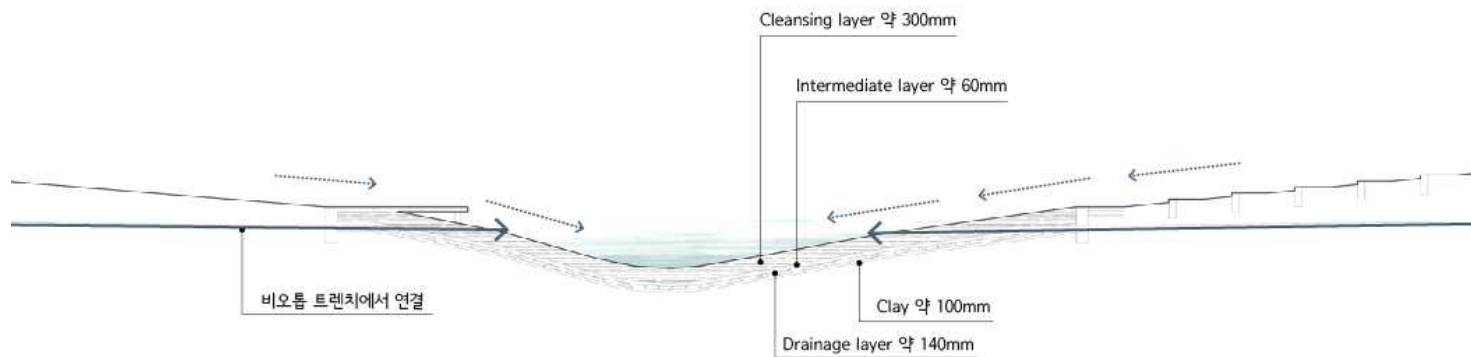
[그림 4-42] 비오톱 트렌치: 단면도 B-B'



[그림 4-43] 비오톱 트렌치: 단면도 B-B' 세부



[그림 4-44] 생태 저류 수로 단면도 C-C'



[그림 4-45] 생태 저류 수로 단면도 C-C' 세부

2. 지표유출수 저감 효과 분석

제안하는 침수대응 설계로 거둘 수 있는 지표유출수의 저감효과는 2가지 방향으로 분석가능하다.

첫째는 각 전략에 따른 설계에 필요한 최소한의 크기를 기준으로 하여 저류가능한 용량을 산정, 고정적으로 처리할 수 있는 용량을 계산하는 것이고 두번째는 제안하는 설계안으로 인한 기존 하수관 시스템의 효율향상의 정도, 토지피복측면에서 공원에 해당하는 면적의 확대와 이에 비례한 불투수면의 감소로 인한 효과, 유달시간 증가의 효과로 인해 지표유출수의 발생의 근원을 축소시킨 부분에서의 효율 등을 종합적으로 분석하는 것이다.

첫 번째 방법은 비교적 고정된 값으로 구할 수 있으나, 두 번째 측면에서의 분석은 이 연구에서 활용된 수정된 합리적 방식으로는 측정 불가능한 다양한 비교 변수가 존재한다. 따라서 이 연구에서는 규모만 정해질 경우 계산할 수 있는 물리적 용량으로만 저감효과를 제시한다.

100년 주기의 최악의 홍수에서 발생하는 총 지표유출수의 양인 51761m^3 을 목표치로 한 전략별 설계규모를 정한 후 단계적으로 모든 전략을 실행에 옮겼을 때 총 65164m^3 의 수용량이 확보된다. 하지만 저류공간의 깊이는 각 우수저감기법 별로 요구되는 최소 수준만 지켜줄 경우 조정이 가능하므로 6가지의 전략 중 현실적인 문제로 실행이 불가능한 부분이 생길 경우, 실행 가능한 전략들 중에서 설계규모를 일부 조정하는 방법으로 목표 용량을 재설정 할 수 있다. 이 때 전략의 부분적 조합방식에 있어서 상류에 해당하는 전략

인 Braiding은 면상류 발생의 최초원인을 해결하는 방법이므로 필수적으로 포함되어야 하고, Thickening과 Stitching이 반드시 New Axis가 적용된 후에 함께 사용되어야 한다는 조건만 지켜줄 경우 모든 조합이 가능하다.

[표 4-2] 우수 저감 효율 분석표

영역	시행 단계	전략명	설계기법명	설계규모(m)		지표 유출수 수용량 (m ³)
				저류가능 면적	저류깊이 (수로제외)	
상류	1단계	Braiding	영구저류연못	2630	1.5	6094
			투수성 임시저류지	2978	0.5	
			안정화연못	1320	0.5	
중· 상류	2단계	New Axis	생태저류수로	69205	2	13841
	3단계	Stitching	투수성포장	6186	1.5	9279
	5단계	Networking	비오톱 트렌치	3450	1	3450
하류	4단계	Thickening	정화 비오톱	14760	2	29520
	6단계	Decentralizing	임시저류 비오톱	3960	0.5	1980
합계						61464

3. 종합계획도



[그림 4-46] 종합 계획도

제5장 결론

동두천시와 같이 침수위험에 노출된 도시가 하수관망의 크기 개선과 펌프장의 용량 증량만으로 침수 대응책을 수립한다면 100년 주기의 강우량까지 목표로 잡고 계획하는 것은 현실적으로 실현가능성이 희박하다. 사업비 지출의 문제도 있지만 물리적으로 확보해야 하는 저류용량을 밀도가 높은 도시지역에서 단순히 우수관리 목적만으로 대규모의 대지를 확보하는 것은 경제성이 떨어질 뿐더러 1년 중 집중강우 시기에 해당하는 한 달 정도의 기간을 위해서 11개월의 기간을 비워두는 것은 비현실적인 계획이다. 더욱이 100년 주기의 강우와 같은 예측을 뛰어넘는 현상은 일어나는 것이 아니기 때문에 피해에 노출되어 있어도 이렇다 할 대비책을 세우기가 어렵다.

제안하는 설계안은 기존우수처리 시스템을 효율을 높일 수 있도록 보조하는 역할을 하는 우수저감기법을 도시설계의 해석한 안으로 이 때 확보되는 저류용량은 예상되는 최악의 홍수량을 모두 소화할 수 있는 규모가 확보 될 뿐만 아니라 도시경관의 측면에서 제공하는 이점과 공원으로로서의 활용도를 높인 종합적인 방안이다.

시행할 경우 장기간에 걸친 계획이 될 것이고 사업비의 지출도 전략에 따라서는 상당한 규모가 될 수 있지만 단순히 하수관의 규모를 늘리고 펌프장을 증설하는 방식에서는 얻을 수 없는 도시조직 정비의 효과와 경제적인 효과를 동시에 얻을 수 있다는 장점이 있다.

설계안은 유역4에만 해당하지만 유사한 특성을 띠는 나머지 유역 1,2,3,5에도 적용가능하며, 이 때 Bio-corridor의 개념은 동일하게

적용하되, 유역별 특성에 따른 정체성을 부여하여 지속가능한 그린 인프라스트럭처로 장기간에 걸쳐 계획될 수 있다.

연구의 한계점은 정밀도에 관한 부분으로 지표유출수 분석을 위해 사용한 합리적 방식이 활용도에 비해 정밀도가 높지 않은 방법이고 여타 계산방식과 비교해서 유량 산출이 가장 많은 양으로 나오기 때문에 제안한 설계안의 규모가 실제 필요한 용량보다 큰 규모로 책정되었을 가능성이 높다. 따라서 제안하는 계획안을 실제로 이행할 경우에는 비용 절감의 차원에서 수문공학 전문가의 검토가 필요하다.

참고문헌

Ⅰ 국내문헌

학위논문

- 권경호(1999). 유출수 저류 침투를 위한 자연배수체계 설계 지침에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문, 미간행
- 이상은(2012). 상습침수지역 우수유출 저감계획 및 설계 강서구 화곡동 자연재해 위험지구를 대상으로, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 미간행

학회지

- 서규우외 2인(1996). “도시화에 따른 유출영향분석 및 침수저감대책에 관한 연구”, 『대한 토목학회지』
- 성종상외 2인(2006). “단지개발로 인한 우수 유출량 변화 예측 및 저감방안에 관한 연구,” 『한국조경학회지』, 34(4): 116~128.
- 이재현(1999). “동두천, 포천지역의 홍수피해,” 『한국수자원 학회지』, 32(5): 85~93
- 이정호외 2인 (2011). “도시침수 저감을 위한 최적 우수관망 설계 모형”, 『한국 수자원 학회지』, 44(10): 777~786.
- 한건연외 3인(2009). “도시지역에서의 침수저감을 위한 지하저류조 최적 설계”, 『대한 토목학회지』

연구 보고서

- 국토해양부(2008). 『도시침수피해 방지를 위한 효율적 실행방안 연구』.

서울시정개발연구원(1995). 『우수유출률 저감 대책』.

■ 해외문헌

단행본

Clar, Michael(2009). *Low Impact Development*, American Society of Civil Engineers.

Erickson, Andrew J외 2인, *Optimizing stormwater treatment practices : a handbook of assessment and maintenance*, Springer.

Ferguson, Bruce K and Thomas N. Debo(1990). *On-site stormwater management : applications for landscape and engineering*, Van Nostrand Reinhold.

Forman, Richard T(1995). *Land mosaics : the ecology of landscapes and regions*, Cambridge University Press.

Gribbin, John E(2007). *Introduction to hydraulics and hydrology with applications for stormwater management*, Thomson Delmar Learning.

National Research Council (2009). *Urban stormwater management in the United States*, National Academies Press.

Munson, Albe E(1974). *Construction design for landscape architects*, McGraw-Hill.

Seybert, Thomas A(2006). *Stormwater management for land development*, John Wiley & Sons.

Strom, Steven외 2인(2010). *Site engineering for landscape architects*, John Wiley & Sons.

Urban Water Resources Research Council of the American Society of Civil Engineers and the Water Environment Federation(1992). *Design and construction of urban stormwater management systems*, American Society of Civil Engineers. & Water Environment Federation.

학회지

- Needhidasan, S(2013). “Design of storm water drains by Rational Method” , *International Journal of Engineering and Technology*.
- Osman Akan, A(2002). “Sizing stormwater infiltration structures” , *Journal of Hydraulic Engineering*.

부록

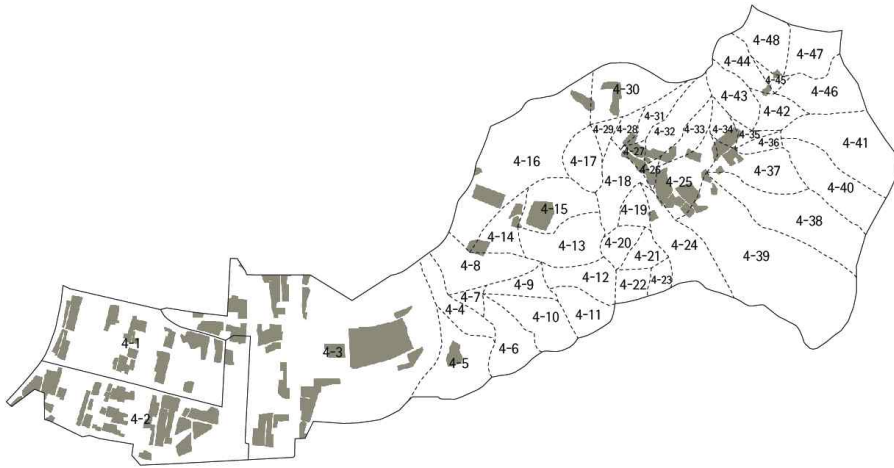
지표유출수 분석

1. 피복 분석



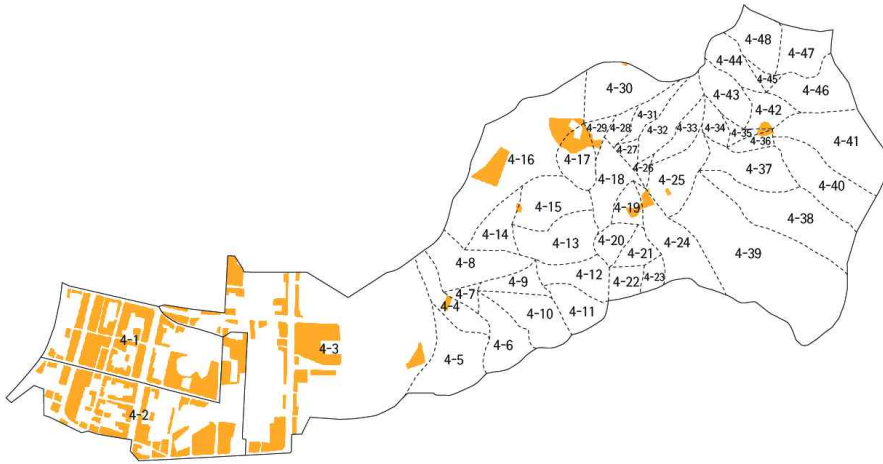
토지피복현황

피복별 면적		
피복분류	면적(m ²)	면적×유출계수(C)
주거	149828	74914
상업	147267	117814
교통	158902	135067
공지	249128	49826
공공청사	13200	9900
학교	6515	2606
잔디 및 수목이 많은 공원	22139	2213.9
경사가 급한 산지	623827	311914
수면	570	570
합계	1371376	704823



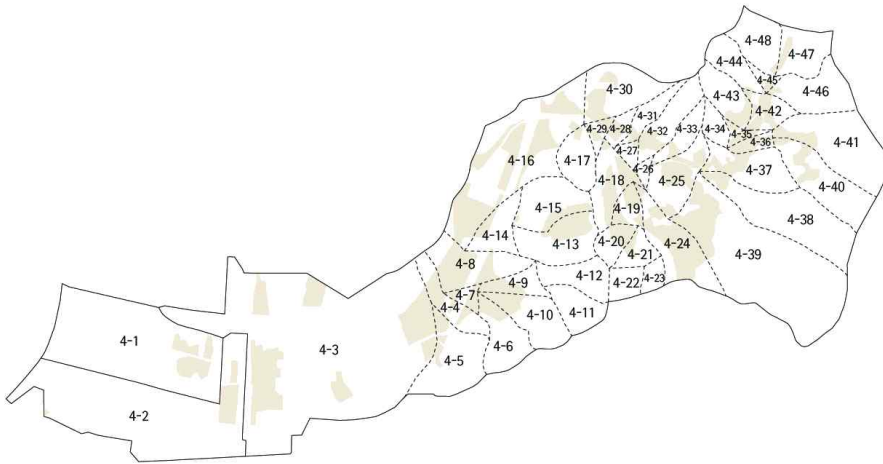
주거에 해당하는 피복현황

구역	면적(m ²)	구역	면적(m ²)	구역	면적(m ²)	구역	면적(m ²)
4-1	20896	4-13	-	4-25	8994	4-37	2933
4-2	33498	4-14	2709	4-26	1220	4-38	59
4-3	51656	4-15	4750	4-27	2699	4-39	1959
4-4	-	4-16	5830	4-28	484	4-40	-
4-5	2178	4-17	-	4-29	-	4-41	-
4-6	-	4-18	259	4-30	2929	4-42	102
4-7	-	4-19	69	4-31	416	4-43	-
4-8	158	4-20	-	4-32	1244	4-44	356
4-9	-	4-21	-	4-33	1395	4-45	164
4-10	-	4-22	-	4-34	1776	4-46	-
4-11	-	4-23	-	4-35	242	4-47	-
4-12	-	4-24	619	4-36	32	4-48	202



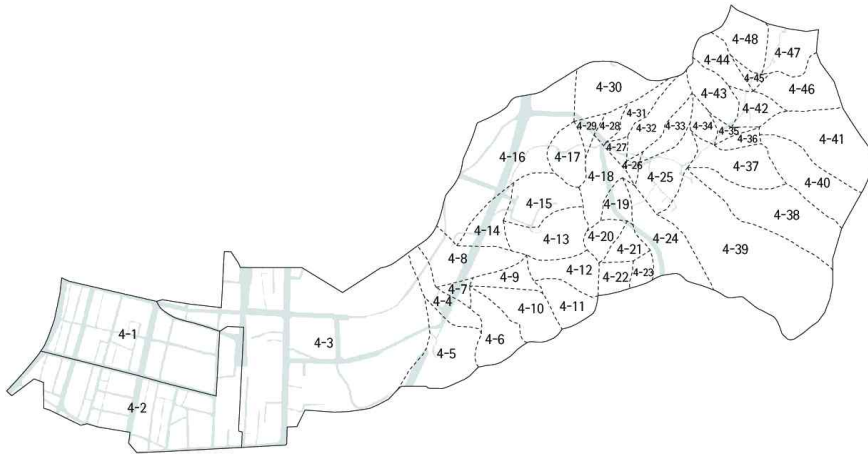
상업에 해당하는 피복현황

구역	면적(m ²)	구역	면적(m ²)	구역	면적(m ²)	구역	면적(m ²)
4-1	45627	4-13	-	4-25	206	4-37	-
4-2	43312	4-14	119	4-26	-	4-38	-
4-3	40556	4-15	224	4-27	-	4-39	-
4-4	673	4-16	9349	4-28	-	4-40	-
4-5	-	4-17	3960	4-29	731	4-41	25
4-6	-	4-18	-	4-30	126	4-42	561
4-7	-	4-19	1023	4-31	-	4-43	-
4-8	-	4-20	-	4-32	-	4-44	-
4-9	-	4-21	-	4-33	-	4-45	-
4-10	-	4-22	-	4-34	-	4-46	-
4-11	-	4-23	-	4-35	369	4-47	-
4-12	-	4-24	-	4-36	406	4-48	-



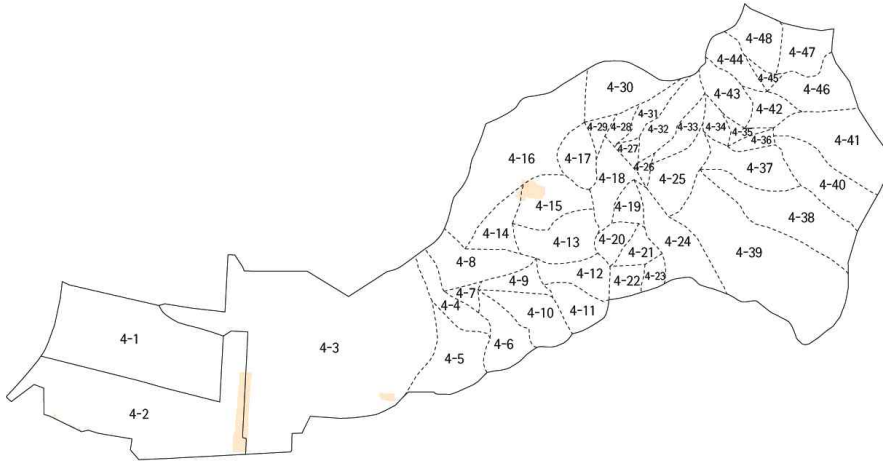
공지에 해당하는 피복현황

유역	면적(m ²)	유역	면적(m ²)	유역	면적(m ²)	유역	면적(m ²)
4-1	8428	4-13	7518	4-25	9358	4-37	4936
4-2	6760	4-14	2314	4-26	259	4-38	2625
4-3	38716	4-15	3945	4-27	384	4-39	13902
4-4	5432	4-16	32313	4-28	2331	4-40	4960
4-5	3707	4-17	681	4-29	2396	4-41	3745
4-6	3487	4-18	8799	4-30	5991	4-42	5588
4-7	2976	4-19	5252	4-31	943	4-43	3263
4-8	13259	4-20	3689	4-32	3197	4-44	296
4-9	4064	4-21	1615	4-33	1364	4-45	844
4-10	4523	4-22	-	4-34	-	4-46	575
4-11	-	4-23	-	4-35	2652	4-47	1698
4-12	-	4-24	16285	4-36	3576	4-48	482



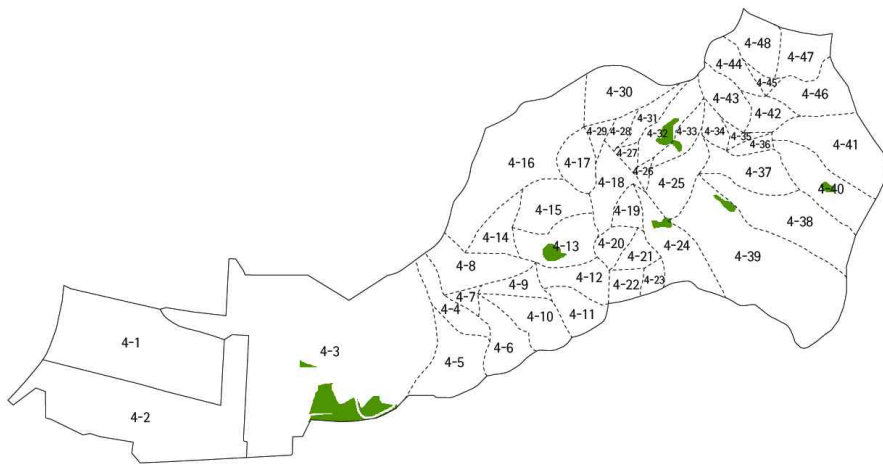
교통에 해당하는 피복현황

구역	면적(m ²)	구역	면적(m ²)	구역	면적(m ²)	구역	면적(m ²)
4-1	28139	4-13	209	4-25	1699	4-37	273
4-2	30826	4-14	4654	4-26	279	4-38	-
4-3	42140	4-15	1553	4-27	547	4-39	329
4-4	2290	4-16	25893	4-28	669	4-40	-
4-5	3604	4-17	551	4-29	1019	4-41	-
4-6	-	4-18	2234	4-30	469	4-42	555
4-7	1239	4-19	1553	4-31	-	4-43	173
4-8	3490	4-20	106	4-32	140	4-44	41
4-9	-	4-21	315	4-33	81	4-45	190
4-10	-	4-22	-	4-34	107	4-46	-
4-11	-	4-23	-	4-35	309	4-47	606
4-12	-	4-24	2620	4-36	-	4-48	-



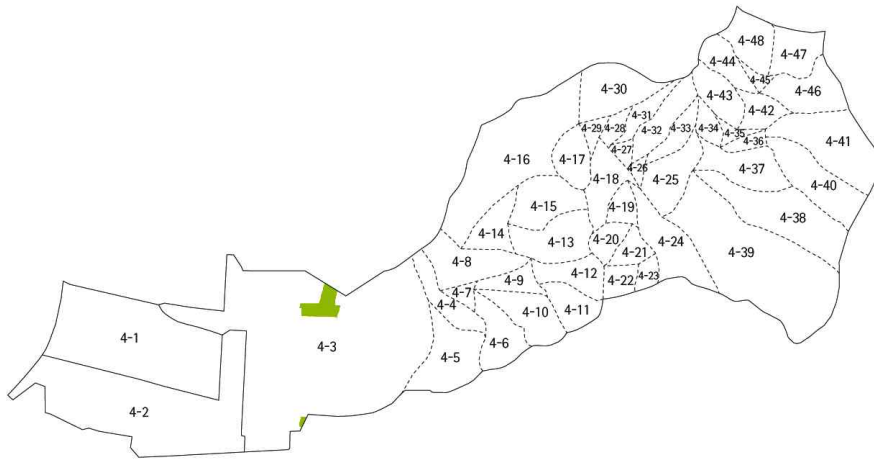
공공청사에 해당하는 피복현황

유역	면적(m ²)	유역	면적(m ²)	유역	면적(m ²)	유역	면적(m ²)
4-1	-	4-13	-	4-25	-	4-37	-
4-2	5868	4-14	416	4-26	-	4-38	-
4-3	3797	4-15	2876	4-27	-	4-39	-
4-4	-	4-16	243	4-28	-	4-40	-
4-5	-	4-17	-	4-29	-	4-41	-
4-6	-	4-18	-	4-30	-	4-42	-
4-7	-	4-19	-	4-31	-	4-43	-
4-8	-	4-20	-	4-32	-	4-44	-
4-9	-	4-21	-	4-33	-	4-45	-
4-10	-	4-22	-	4-34	-	4-46	-
4-11	-	4-23	-	4-35	-	4-47	-
4-12	-	4-24	-	4-36	-	4-48	-



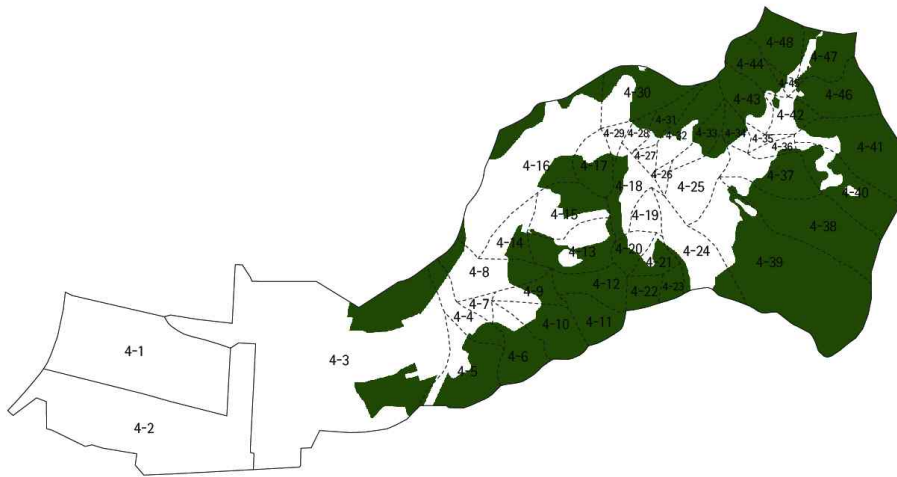
잔디 및 수목이 많은 공원에 해당하는 피복현황

유역	면적(m ²)	유역	면적(m ²)	유역	면적(m ²)	유역	면적(m ²)
4-1	-	4-13	2247	4-25	82	4-37	-
4-2	-	4-14	-	4-26	-	4-38	-
4-3	13794	4-15	-	4-27	-	4-39	1141
4-4	-	4-16	-	4-28	-	4-40	808
4-5	-	4-17	-	4-29	-	4-41	-
4-6	-	4-18	-	4-30	-	4-42	-
4-7	-	4-19	-	4-31	-	4-43	-
4-8	-	4-20	-	4-32	2386	4-44	-
4-9	-	4-21	-	4-33	595	4-45	-
4-10	-	4-22	-	4-34	-	4-46	-
4-11	-	4-23	-	4-35	-	4-47	-
4-12	-	4-24	1086	4-36	-	4-48	-



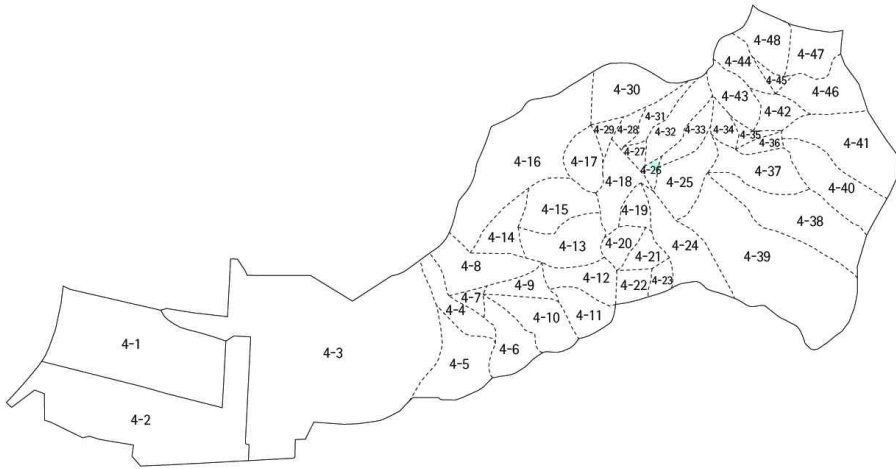
학교에 해당하는 피복현황

유역	면적(m ²)	유역	면적(m ²)	유역	면적(m ²)	유역	면적(m ²)
4-1	-	4-13	-	4-37	-	4-37	-
4-2	-	4-14	-	4-38	-	4-38	-
4-3	6515	4-15	-	4-39	-	4-39	-
4-4	-	4-16	-	4-40	-	4-40	-
4-5	-	4-17	-	4-41	-	4-41	-
4-6	-	4-18	-	4-42	-	4-42	-
4-7	-	4-19	-	4-43	-	4-43	-
4-8	-	4-20	-	4-44	-	4-44	-
4-9	-	4-21	-	4-45	-	4-45	-
4-10	-	4-22	-	4-46	-	4-46	-
4-11	-	4-23	-	4-47	-	4-47	-
4-12	-	4-24	-	4-48	-	4-48	-



경사가 급한 산지에 해당하는 피복현황

유역	면적(m ²)	유역	면적(m ²)	유역	면적(m ²)	유역	면적(m ²)
4-1	-	4-13	18204	4-25	1880	4-37	15495
4-2	-	4-14	4664	4-26	-	4-38	43392
4-3	40420	4-15	10411	4-27	-	4-39	88479
4-4	6748	4-16	18645	4-28	1714	4-40	51150
4-5	21478	4-17	9670	4-29	275	4-41	37991
4-6	16491	4-18	7326	4-30	17871	4-42	4106
4-7	-	4-19	-	4-31	7494	4-43	12292
4-8	9364	4-20	5122	4-32	10408	4-44	12480
4-9	5701	4-21	6540	4-33	6383	4-45	1801
4-10	17015	4-22	8297	4-34	4795	4-46	22998
4-11	14686	4-23	5155	4-35	82	4-47	15635
4-12	16274	4-24	6594	4-36	655	4-48	17646



수면에 해당하는 피복현황

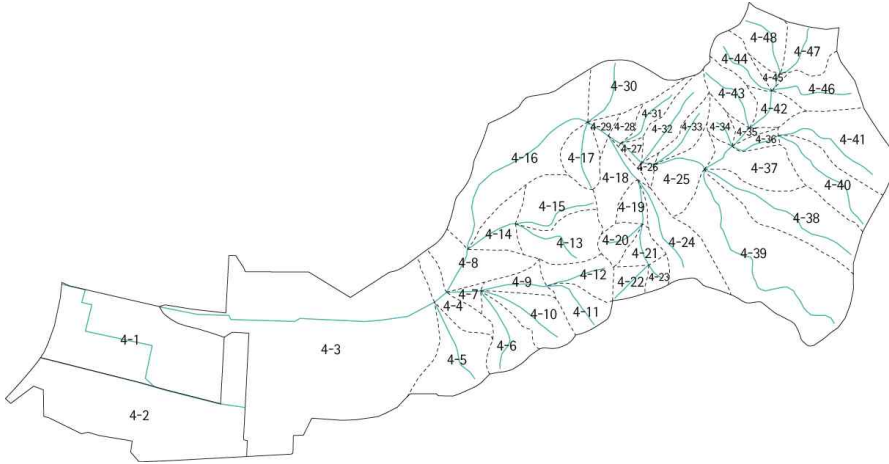
구역	면적(m ²)	구역	면적(m ²)	구역	면적(m ²)	구역	면적(m ²)
4-1	-	4-13	-	4-25	570	4-37	-
4-2	-	4-14	-	4-26	-	4-38	-
4-3	-	4-15	-	4-27	-	4-39	-
4-4	-	4-16	-	4-28	-	4-40	-
4-5	-	4-17	-	4-29	-	4-41	-
4-6	-	4-18	-	4-30	-	4-42	-
4-7	-	4-19	-	4-31	-	4-43	-
4-8	-	4-20	-	4-32	-	4-44	-
4-9	-	4-21	-	4-33	-	4-45	-
4-10	-	4-22	-	4-34	-	4-46	-
4-11	-	4-23	-	4-35	-	4-47	-
4-12	-	4-24	-	4-36	-	4-48	-

유출계수에 따른 면적(A)

유역	유출계수(C)에 따른 피복분류									
	주거	상업	교통	공지	공공 청사	학교	공원	산지	수면	합계(A) =면적×C
	0.50	0.80	0.85	0.20	0.75	0.40	0.10	0.50	1.00	
4-1	10448	36501. 6	23918.1 5	1685.6	-	-	-	-	-	72553.35
4-2	16749	34649. 6	26202.1	1352	4401	-	-	-	-	83353.7
4-3	25828	32444. 8	35819	7743.2	2847.75	2606	1379. 4	20210	-	128878.15
4-4	-	538.4	1946.5	1086.4	-	-	-	3374	-	6945.3
4-5	1089	-	3063.4	741.4	-	-	-	10739	-	15632.8
4-6	-	-	-	697.4	-	-	-	8245. 5	-	8942.9
4-7	-	-	1053.15	595.2	-	-	-	-	-	1648.35
4-8	79	-	2966.5	2651.8	-	-	-	4682	-	10379.3
4-9	-	-	-	812.8	-	-	-	2850. 5	-	3663.3
4-10	-	-	-	904.6	-	-	-	8507. 5	-	9412.1
4-11	-	-	-	-	-	-	-	7343	-	7343
4-12	-	-	-	-	-	-	-	8137	-	8137
4-13	-	-	177.65	1503.6	-	-	224.7	9102	-	11007.95
4-14	1354.5	95.2	3955.9	462.8	312	-	-	2332	-	8512.4
4-15	2375	179.2	1320.05	789	2157	-	-	5205. 5	-	12025.75
4-16	2915	7479.2	22009.0 5	6462.6	182.25	-	-	9322. 5	-	48370.6
4-17	-	3168	468.35	136.2	-	-	-	4835	-	8607.55
4-18	129.5	-	1898.9	1759.8	-	-	-	3663	-	7451.2
4-19	34.5	818.4	1320.05	1050.4	-	-	-	-	-	3223.35
4-20	-	-	90.1	737.8	-	-	-	2561	-	3388.9
4-21	-	-	267.75	323	-	-	-	3270	-	3860.75
4-22	-	-	-	-	-	-	-	4148. 5	-	4148.5
4-23	-	-	-	-	-	-	-	2577. 5	-	2577.5
4-24	309.5	-	2227	3257	-	-	108.6	3297	-	9199.1

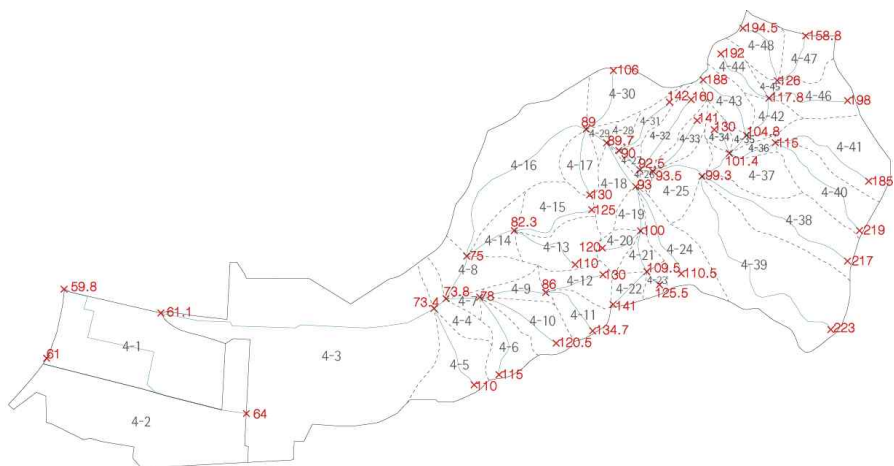
유역	유출계수(C)에 따른 피복분류									
	주거	상업	교통	공지	공공 청사	학 교	공원	산지	수면	합계(A) =면적×C
	0.50	0.80	0.85	0.20	0.75	0.40	0.10	0.50	1.00	
4-25	4497	164.8	1444.1 5	1871. 6	-	-	8.2	940	570	9495.75
4-26	610		237.15	51.8	-	-			-	898.95
4-27	1349. 5		464.95	76.8	-	-			-	1891.25
4-28	242		568.65	466.2	-	-		857	-	2133.85
4-29		584.8	866.15	479.2	-	-		137.5	-	2067.65
4-30	1464. 5	100.8	398.65	1198. 2	-	-		8935.5	-	12097.65
4-31	208			188.6	-	-		3747	-	4143.6
4-32	622		119	639.4	-	-	238.6	5204	-	6823
4-33	697.5		68.841 5	272.8	-	-	59.5	3191.5	-	4290.14
4-34	888		90.95		-	-		2397.5	-	3376.45
4-35	121	295.2	262.65	530.4	-	-		41	-	1250.25
4-36	16	324.8		715.2	-	-		327.5	-	1383.5
4-37	1466. 5		232.05	987.2	-	-		7747.5	-	10433.25
4-38	29.5			525	-	-		21696	-	22250.5
4-39	979.5		279.65	2780. 4	-	-	114.1	44239. 5	-	48393.15
4-40				992	-	-	80.8	25575	-	26647.8
4-41		20		749	-	-		18995. 5	-	19764.5
4-42	51	448.8	471.75	1117. 6	-	-		2053	-	4142.15
4-43			147.05	652.6	-	-		6146	-	6945.65
4-44	178		34.85	59.2	-	-		6240	-	6512.05
4-45	82		161.5	168.8	-	-		900.5	-	1312.8
4-46				115	-	-		11499	-	11614
4-47			515.1	339.6	-	-		7817.5	-	8672.2
4-48	101			96.4	-	-		8823	-	9020.4

2. 유달시간 분석



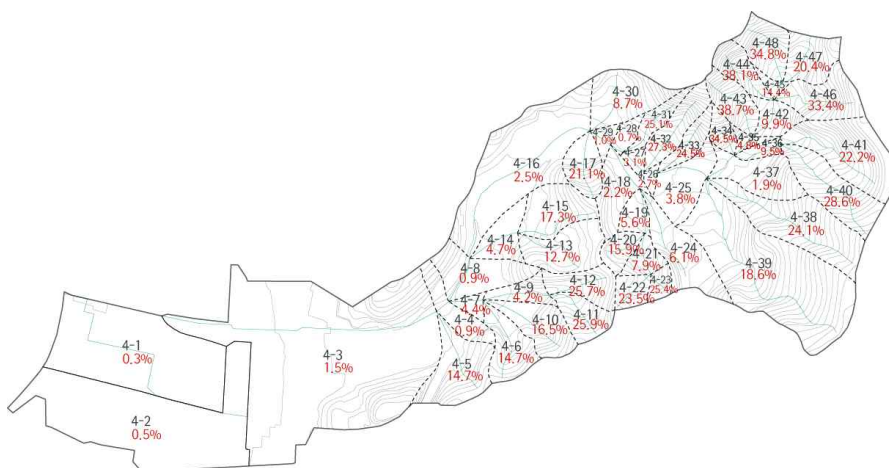
유달경로 분석

유역	거리(m)	유역	거리(m)	유역	거리(m)	유역	거리(m)
4-1	726	4-13	218	4-25	154	4-37	111
4-2	594	4-14	156	4-26	37	4-38	488
4-3	799	4-15	247	4-27	82	4-39	664
4-4	44	4-16	561	4-28	41	4-40	364
4-5	249	4-17	194	4-29	70	4-41	316
4-6	251	4-18	149	4-30	196	4-42	132
4-7	96	4-19	126	4-31	207	4-43	215
4-8	136	4-20	126	4-32	247	4-44	195
4-9	190	4-21	121	4-33	194	4-45	57
4-10	257	4-22	134	4-34	83	4-46	240
4-11	188	4-23	63	4-35	71	4-47	161
4-12	171	4-24	285	4-36	143	4-48	197



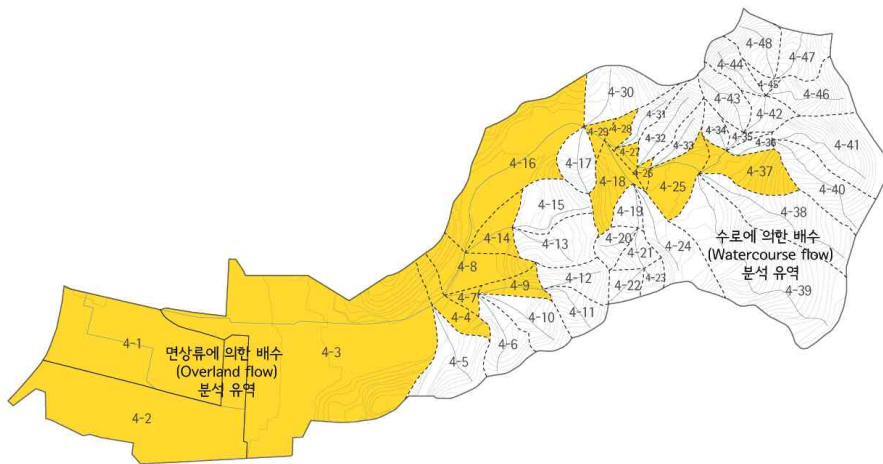
유달경로상 최고 지점과 최저 지점의 표고차

구역	높이(m)	구역	높이(m)	구역	높이(m)	구역	높이(m)
4-1	2.3	4-13	27.7	4-25	5.8	4-37	2.1
4-2	3	4-14	7.3	4-26	1	4-38	117.7
4-3	12.3	4-15	42.7	4-27	2.5	4-39	123.7
4-4	0.4	4-16	14	4-28	0.3	4-40	104
4-5	36.6	4-17	41	4-29	0.7	4-41	70
4-6	37	4-18	3.3	4-30	17	4-42	13
4-7	4.2	4-19	7	4-31	52	4-43	83.2
4-8	1.2	4-20	20	4-32	67.5	4-44	74.2
4-9	8	4-21	9.5	4-33	47.5	4-45	8.2
4-10	42.5	4-22	31.5	4-34	28.6	4-46	80.2
4-11	48.7	4-23	16	4-35	3.4	4-47	32.8
4-12	44	4-24	17.5	4-36	13.6	4-48	68.5



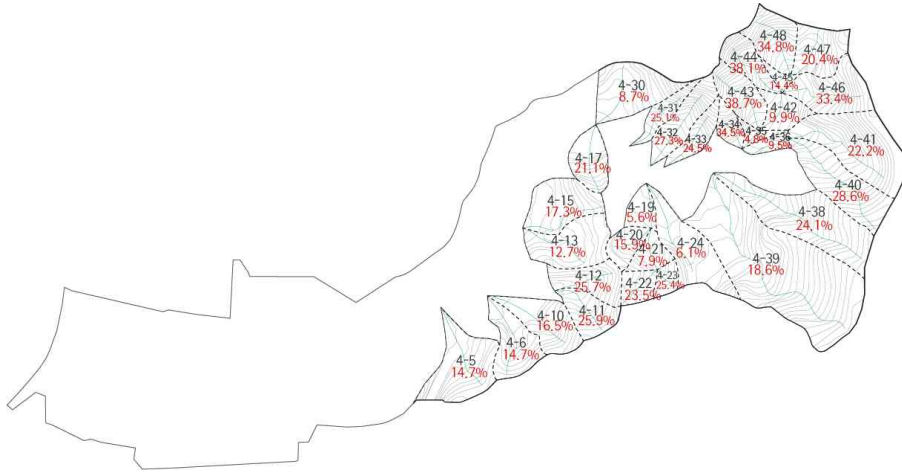
유달경로 경사도 현황

유역	경사도(%)	유역	경사도(%)	유역	경사도(%)	유역	경사도(%)
4-1	0.3	4-13	12.7	4-25	3.8	4-37	1.9
4-2	0.5	4-14	4.7	4-26	2.7	4-38	24.1
4-3	1.5	4-15	17.3	4-27	3.1	4-39	18.6
4-4	0.9	4-16	2.5	4-28	0.7	4-40	28.6
4-5	14.7	4-17	21.1	4-29	1.0	4-41	22.2
4-6	14.7	4-18	2.2	4-30	8.7	4-42	9.9
4-7	4.4	4-19	5.6	4-31	25.1	4-43	38.7
4-8	0.9	4-20	15.9	4-32	27.3	4-44	38.1
4-9	4.2	4-21	7.9	4-33	24.5	4-45	14.4
4-10	16.5	4-22	23.5	4-34	34.5	4-46	33.4
4-11	25.9	4-23	25.4	4-35	4.8	4-47	20.4
4-12	25.7	4-24	6.1	4-36	9.5	4-48	34.8



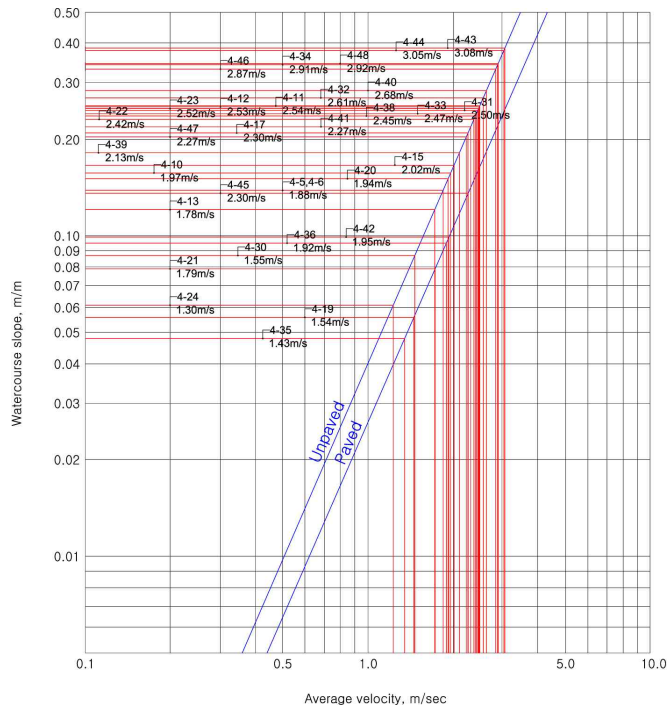
지면배수와 수로배수 영역 분류

지면배수(Overland flow)		수로배수(Watercourse flow)			
4-1	4-16	4-5	4-17	4-31	4-40
4-2	4-18	4-6	4-19	4-32	4-41
4-3	4-25	4-9	4-20	4-33	4-42
4-4	4-26	4-10	4-21	4-34	4-43
4-7	4-27	4-11	4-22	4-35	4-44
4-8	4-28	4-12	4-23	4-36	4-45
4-9	4-29	4-13	4-24	4-38	4-46
4-14	4-37	4-15	4-30	4-39	4-47
-	-	4-48	-	-	-



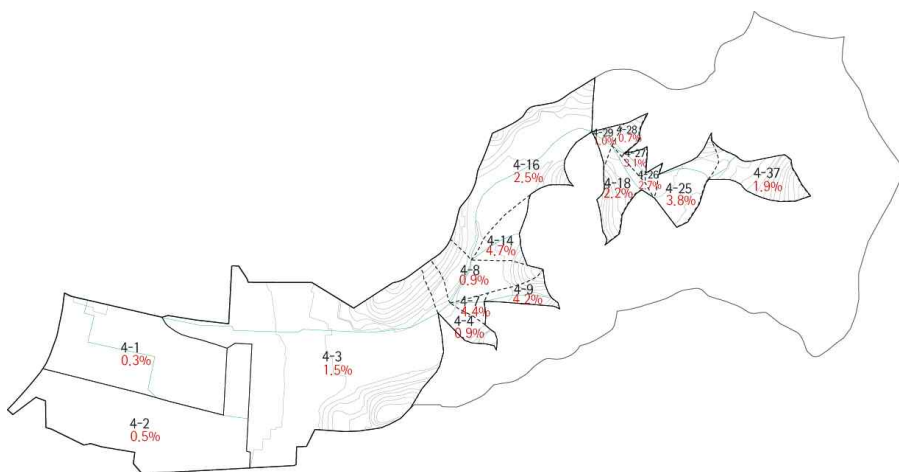
수로배수 유역 유달경로 경사도

유역	경사도(%)	유역	경사도(%)	유역	경사도(%)	유역	경사도(%)
4-5	14.7	4-19	5.6	4-33	24.5	4-43	38.7
4-6	14.7	4-20	15.9	4-34	34.5	4-44	38.1
4-9	4.2	4-21	7.9	4-35	4.8	4-45	14.4
4-10	16.5	4-22	23.5	4-36	9.5	4-46	33.4
4-11	25.9	4-23	25.4	4-38	24.1	4-47	20.4
4-12	25.7	4-24	6.1	4-39	18.6	4-48	34.8
4-13	12.7	4-30	8.7	4-40	28.6		
4-15	17.3	4-31	25.1	4-41	22.2		
4-17	21.1	4-32	27.3	4-42	9.9		



수로배수(watercourse)기준 유달시간

유역	거리(m)	거리(m/s)	유달시간 (min)	유역	거리 (m)	거리 (m/s)	유달시간 (min)
4-5	249	1.88	2.21	4-32	247	2.61	1.58
4-6	251	1.88	2.23	4-33	194	2.47	1.31
4-10	257	1.97	2.17	4-35	71	1.43	0.83
4-11	188	2.54	1.23	4-36	143	1.92	1.24
4-12	171	2.53	1.13	4-38	488	2.45	3.32
4-13	218	1.78	2.04	4-39	664	2.13	5.20
4-15	247	2.02	2.04	4-40	364	2.68	2.26
4-17	194	2.30	1.41	4-41	316	2.27	2.32
4-19	126	1.54	1.36	4-42	132	1.95	1.13
4-20	126	1.94	1.08	4-43	215	3.08	1.16
4-21	121	1.79	1.13	4-44	195	3.05	1.07
4-22	134	2.42	0.92	4-45	57	2.30	0.41
4-23	63	2.52	0.42	4-46	240	2.87	1.39
4-24	285	1.30	3.65	4-47	161	2.27	1.18
4-30	196	1.55	2.11	4-48	197	2.92	1.12
4-31	207	2.50	1.38				



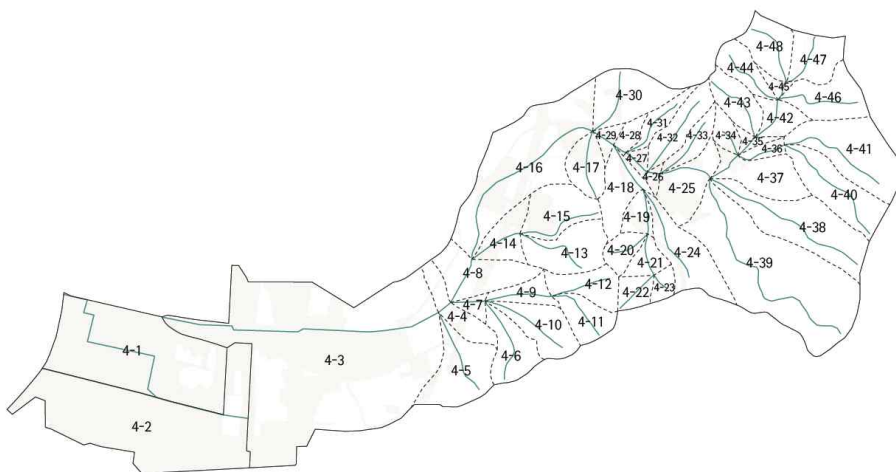
지면배수 유역 유달경로 경사도

유역	경사도(%)	유역	경사도(%)
4-1	0.3	4-16	2.5
4-2	0.5	4-18	2.2
4-3	1.5	4-25	3.8
4-4	0.9	4-26	2.7
4-7	4.4	4-27	3.1
4-8	0.9	4-28	0.7
4-9	4.2	4-29	1.0
4-14	4.7	4-37	1.9



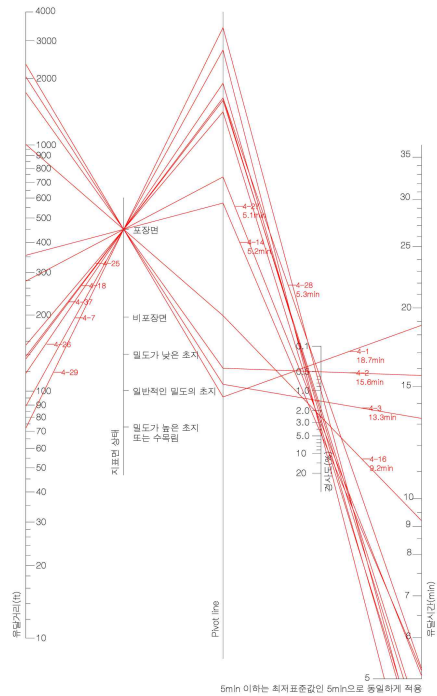
지면배수 유역의 유달거리 분류

지면상태	포장면	비포장면	밀도가 낮은 초지	일반적인 밀도의 초지	무성한 초지 또는 수목림	합계
거리(m)	2651	335	772	-	175	3933



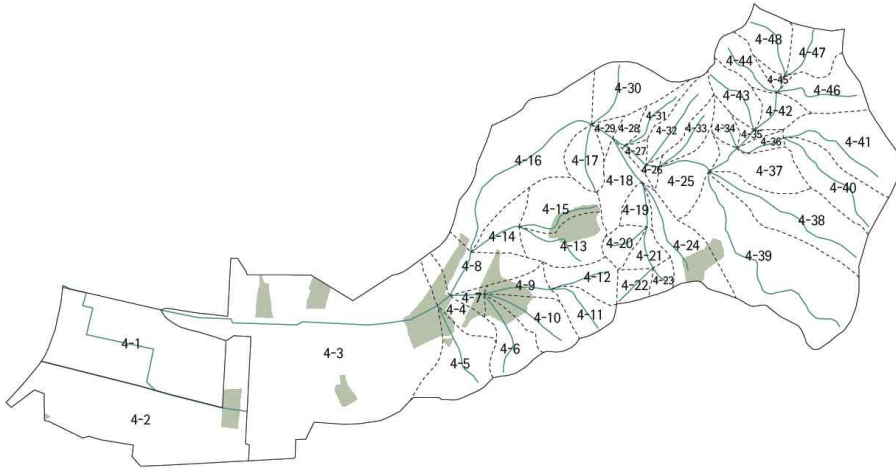
포장면에 해당하는 유달거리

구역	거리(m)	구역	거리(m)
4-1	726	4-16	311
4-2	545	4-18	41
4-3	624	4-25	47
4-4	-	4-26	36
4-7	27	4-27	82
4-8	-	4-28	41
4-9	-	4-29	22
4-14	107	4-37	42



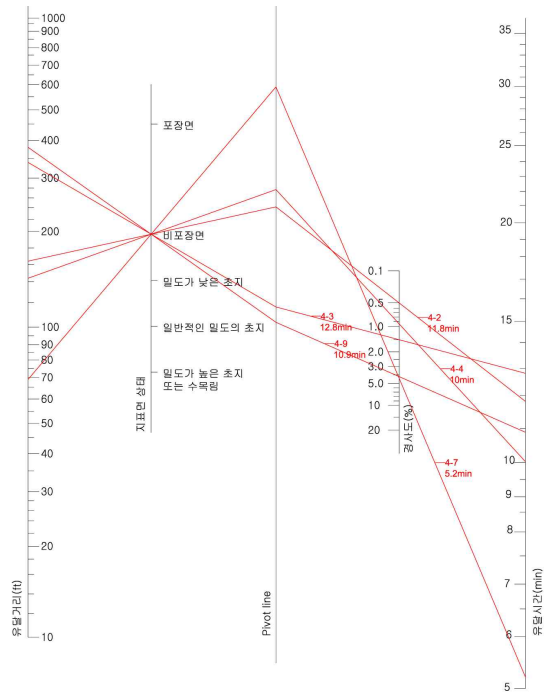
포장면에 해당하는 유달시간 측정 결과

유역	거리 (m)	거리 (ft)	경사도(%)	유달시간 (min)
4-1	726	2382	0.3	18.7
4-2	545	1788	0.5	15.6
4-3	624	2047	1.5	13.3
4-4	-	-	-	-
4-7	27	89	4.4	5
4-8	-	-	-	-
4-9	-	-	-	-
4-14	107	351	4.7	5.2
4-16	311	1020	2.5	9.2
4-18	41	135	2.2	5
4-25	47	154	3.8	5
4-26	36	118	2.7	5
4-27	82	269	3.1	5.1
4-28	41	135	0.7	5.3
4-29	22	72	1.0	5
4-37	42	138	1.9	5



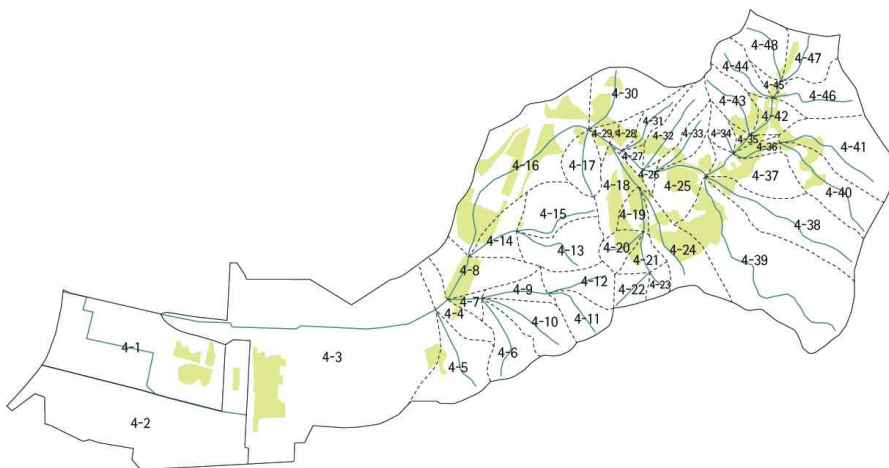
비포장면에 해당하는 유달거리

구역	거리(m)	구역	거리(m)
4-1	-	4-16	-
4-2	50	4-18	-
4-3	104	4-25	-
4-4	44	4-26	-
4-7	21	4-27	-
4-8	-	4-28	-
4-9	116	4-29	-
4-14	-	4-37	-



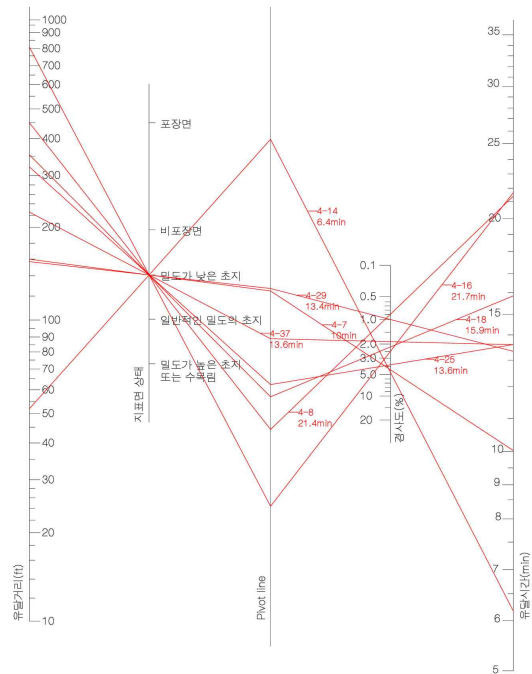
비포장면에 해당하는 유달시간 측정결과

유역	거리 (m)	거리 (ft)	경사도(%)	유달시간 (min)
4-1	-	-	-	-
4-2	50	164	0.5	11.8
4-3	104	341	1.5	12.8
4-4	44	144	0.9	10
4-7	21	69	4.4	5.2
4-8	-	-	-	-
4-9	116	381	4.2	10.9
4-14	-	-	-	-
4-16	-	-	-	-
4-18	-	-	-	-
4-25	-	-	-	-
4-26	-	-	-	-
4-27	-	-	-	-
4-28	-	-	-	-
4-29	-	-	-	-
4-37	-	-	-	-



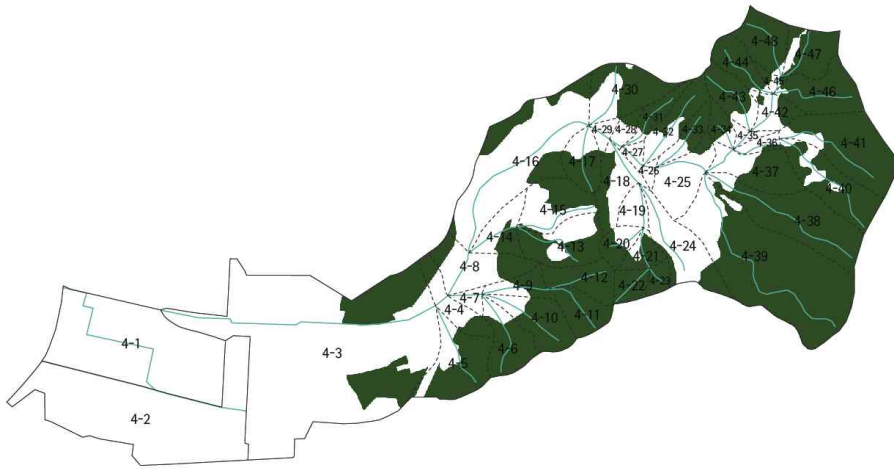
밀도가 낮은 초지에 해당하는 유달거리

구역	거리(m)	구역	거리(m)
4-1	-	4-16	247
4-2	-	4-18	108
4-3	-	4-25	98
4-4	-	4-26	-
4-7	49	4-27	-
4-8	137	4-28	-
4-9	-	4-29	48
4-14	16	4-37	69



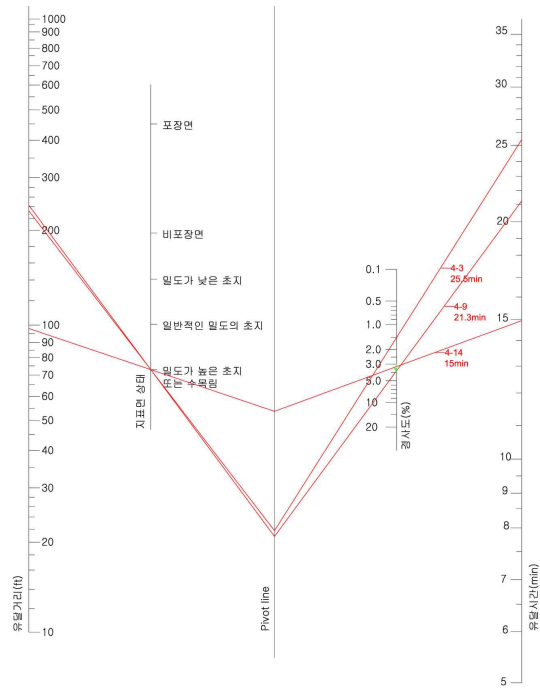
밀도가 낮은 초지에 해당하는 유달시간 측정결과

유역	거리 (m)	거리 (ft)	경사도(%)	유달시간 (min)
4-1	-	-	-	-
4-2	-	-	-	-
4-3	-	-	-	-
4-4	-	-	-	-
4-7	49	161	4.4	10
4-8	137	449	0.9	21.4
4-9	-	-	-	-
4-14	16	52	4.7	6.4
4-16	247	810	2.5	21.7
4-18	108	354	2.2	15.9
4-25	98	322	3.8	13.6
4-26	-	-	-	-
4-27	-	-	-	-
4-28	-	-	-	-
4-29	48	157	1.0	13.4
4-37	69	226	1.9	13.6



밀도가 높은 초지 또는 수목림에 해당하는 유달거리

유역	거리(m)	유역	거리(m)
4-1	-	4-16	-
4-2	-	4-18	-
4-3	71	4-25	-
4-4	-	4-26	-
4-7	-	4-27	-
4-8	-	4-28	-
4-9	74	4-29	-
4-14	30	4-37	-



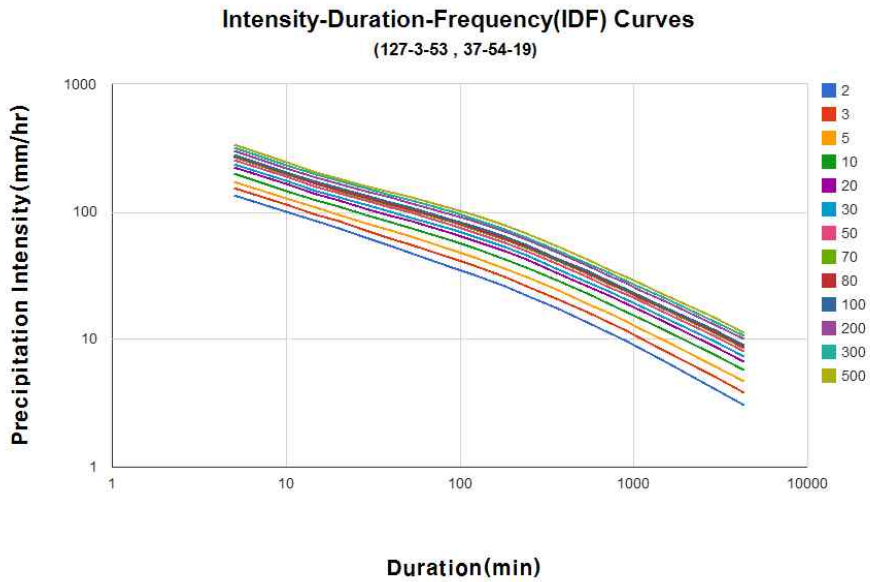
밀도가 높은 초지 또는 수목림 해당하는 유달시간 측정결과

유역	거리(m)	거리(ft)	경사도(%)	유달시간(min)
4-1	-	-	-	-
4-2	-	-	-	-
4-3	71	233	1.5	25.5
4-4	-	-	-	-
4-7	-	-	-	-
4-8	-	-	-	-
4-9	74	243	4.2	21.3
4-14	30	98	4.7	15
4-16	-	-	-	-
4-18	-	-	-	-
4-25	-	-	-	-
4-26	-	-	-	-
4-27	-	-	-	-
4-28	-	-	-	-
4-29	-	-	-	-
4-37	-	-	-	-

지면배수 유역 유달시간 분석표

유역	유달시간(min)					
	포장면	비포장면	밀도가 낮은 초지	일반적인 밀도의 초지	밀도가 높은 초지 또는 수목	합계
4-1	18.7	-	-	-	-	18.7
4-2	15.6	11.8	-	-	-	27.4
4-3	13.3	12.8	-	-	25.5	51.6
4-4	-	10	-	-	-	10
4-7	5	5.2	10	-	-	20.2
4-8	-	-	21.4	-	-	21.4
4-9	-	10.9	-	-	21.3	32.2
4-14	5.2	-	6.4	-	15	26.6
4-16	9.2	-	21.7	-	-	30.9
4-18	5	-	15.9	-	-	20.9
4-25	5	-	13.6	-	-	18.6
4-26	5	-	-	-	-	5
4-27	5.1	-	-	-	-	5.1
4-28	5.3	-	-	-	-	5.3
4-29	5	-	13.4	-	-	18.4
4-37	5	-	13.6	-	-	18.6

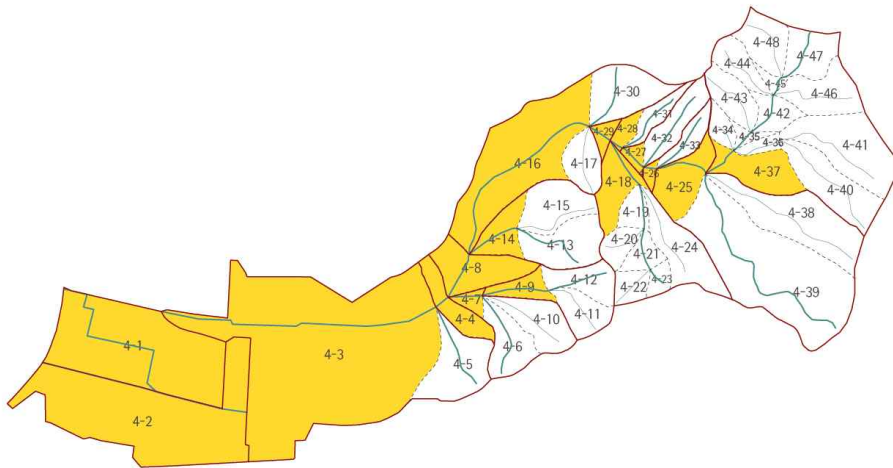
3. 강우강도 선정



강우강도 표								
분류	5분	10분	15분	20분	30분	40분	50분	60분
2년	131.6	98.7	82.6	72.6	60.5	53.1	47.9	44
3년	149.4	111.4	93.3	82.3	69.1	61	55.4	51.1
5년	169.4	125.7	105.3	93.2	78.7	69.9	63.7	59
10년	194.2	143.5	120.4	106.9	90.8	81.1	74.2	68.9
20년	218.3	160.6	134.9	119.9	102.4	91.8	84.2	78.4
30년	232	170.5	143.3	127.5	109.1	97.9	90	83.9
50년	249.4	182.9	153.7	137	117.5	105.6	97.3	90.8
70년	261	190.9	160.6	143.2	122.9	110.7	102	95.3
80년	265.3	194.1	163.2	145.6	125.1	112.7	103.9	97
100년	272.6	199.3	167.7	149.7	128.7	116	107	100
200년	296.1	215.9	181.7	162.3	139.9	126.4	116.7	109.2
300년	309.7	225.6	189.9	169.8	146.5	132.4	122.4	114.6
500년	326.5	237.6	200.2	179.1	154.7	140	129.5	121.3

대상지 강우강도

자료: 국토해양부



강우강도 적용을 위한 구역 분류 및 유달시간

구역	유역	유달시간		구역	유역	유달시간	
1	4-1	18.7	18.7	10	4-24	3.65	23.8
2	4-2	27.4	27.4	11	4-29	18.4	18.4
3	4-3	51.6	53.8	12	4-28	5.3	6.7
	4-5	2.21			4-31	1.38	
4	4-4	10	10	13	4-27	5.1	6.7
5	4-6	2.23	22.4		14	4-32	
	4-7	20.2		4-26		5	6.3
	4-10	2.17		4-33	1.31		
6	4-9	32.2	33.3	15	4-25	18.6	23.8
	4-11	1.23			4-38	3.32	
	4-12	1.13			4-39	5.2	
7	4-8	21.4	21.4	16	4-37	18.6	22.2
8	4-13	2.04	28.6		4-34	0.48	
	4-14	26.6			4-35	0.83	
	4-15	2.04			4-36	1.24	
9	4-16	30.9	33		4-40	2.26	
	4-17	1.41			4-41	2.32	
	4-30	2.11			4-42	1.13	
10	4-18	20.9	23.8		4-43	1.16	
	4-19	1.36			4-44	1.07	
	4-20	1.08			4-45	0.41	
	4-21	1.13			4-46	1.39	
	4-22	0.92			4-47	1.18	
	4-23	0.42			4-48	1.12	

4. 지표유출수 분석

지표유출수의 최대속도($Q=CC_{Ai}A$)							
유역			유달시간 (min)	강우강도 (100년)	면적		최대속도 (m^3/sec)
유역	구역	소유역			소유역 면적(m^2)	면적(ha)	
펌프장 배수유 역	1	4-1	18.7	154.38	72553.35	7.26	3.89
고지 배수 유역	2	4-2	27.4	134.16	83353.7	8.34	3.88
	3	4-3	53.8	104.34	128878.15	14.45	5.24
		4-5			15632.8		
	4	4-4	10	199.3	6945.3	0.69	0.48
	5	4-6	22.4	144.66	8942.9	2.00	1.00
		4-7			1648.35		
		4-10			9412.1		
	6	4-9	33.3	124.51	3663.3	1.91	0.83
		4-11			7343		
		4-12			8137		
	7	4-8	21.4	146.76	10379.3	1.04	0.53
	8	4-13	28.6	132.48	11007.95	3.15	1.45
		4-14			8512.4		
		4-15			12025.75		
	9	4-16	33	124.89	48370.6	6.91	3.00
		4-17			8607.55		
		4-30			12097.65		
	10	4-18	23.8	141.72	7451.2	3.38	1.67
		4-19			3223.35		
		4-20			3388.9		
		4-21			3860.75		
		4-22			4148.5		
		4-23			2577.5		
		4-24			9199.1		

지표유출수의 최대속도($Q=CC_AiA$)							
유역			유달시간	강우강도 (100년)	면적		최대속도 (m^3/sec)
유역	구역	소유역			소유역 면적(m^2)	면적(ha)	
고지 배수 유역	11	4-29	18.4	155.46	2067.65	0.21	0.11
	12	4-28	6.7	247.68	2133.85	0.63	0.54
		4-31			4143.6		
	13	4-27	6.7	247.68	1891.25	0.87	0.75
		4-32			6823		
	14	4-26	6.3	253.54	898.95	0.52	0.46
		4-33			4290.14		
	15	4-25	23.8	141.72	9495.75	8.01	3.94
		4-38			22250.5		
		4-39			48393.15		
	16	4-37	22.2	145.08	10433.25	11.11	5.60
		4-34			3376.45		
		4-35			1250.25		
		4-36			1383.5		
		4-40			26647.8		
		4-41			19764.5		
		4-42			4142.15		
		4-43			6945.65		
		4-44			6512.05		
		4-45			1312.8		
		4-46			11614		
		4-47			8672.2		
		4-48			9020.4		

Abstract

Design for Flood Prone Watershed Utilizing Runoff Reduction Method

Lee, Seul

Department of Landscape Architecture
Graduate School of Environmental Studies
Seoul National University

Advised by
Prof. Lee, Yumi

Dongducheon is a city situated in a flood prone watershed by the Shinccheon River. Ever since the city started taking shape, the river has played a detrimental role in causing flash flood. However, rapid urbanization in the last few decades has triggered a new type of flooding, namely inland flooding caused by low permeability of paved ground surface and outdated measures for controlling runoff in this urban area.

While the number of floods of this type increases every year, the scale of damage is also expanding. Accordingly, the Ministry of the Environment of Korea recently has announced the SAFE project (Sewer performance Advancement, Fighting against urban

flooding and Enhancement of public welfare). However, all of the measures suggested by the project cling to an outdated and unsustainable perspective that depends on regularly re-sizing sewer pipes and pump stations.

Thus, this study is an attempt to develop a new, more sustainable design for flood prone urban areas combined with decentralized storm water management system assisting existing sewer systems. Since it uses ground surface in its design rather than a pipe lined system, it takes into account urban design for the entire watershed. For that reason, this is a proposal to design a bio-corridor related to the complex conditions of urban areas based on a detailed analysis of runoff and the environmental condition of the watershed, conducted with the Modified Rational Method.

Therefore, this linear form of open water drainage system contains site specific strategies and it uses braiding, new axis creating, stitching, thickening, networking and decentralizing. A series of strategies to temporarily store excess water and mitigate the risks of flooding uses features such as bio-retention swale, retention pond, settling pond, detention and infiltration basin, cleansing biotope, porous pavement and planted grasses and sedges.

Finally, those measures are interpreted into open spaces on an axis with the downtown area, flanked by playing fields, bike paths and pedestrian paths. Glimpses of wildlife are provided by the wetlands associated with this urban waterway functioning as runoff reduction methods for the watershed.

■ Keywords : flood prone area, decentralized storm water management, Bio-corridor, Modified Rational Method, runoff reduction method, urban design

■ Student No : 2011-23948